

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-171919

(43)Date of publication of application : 02.07.1996

(51)Int.Cl.

H01M 8/00

H01M 8/04

(21)Application number : 06-333831

(71)Applicant : TOSHIBA SYST TECHNOL KK
TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 19.12.1994

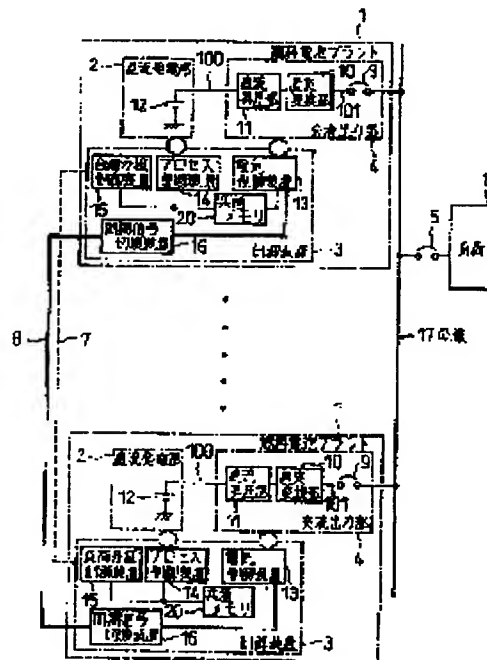
(72)Inventor : TAKEDA TAMOTSU
HIGA MOTOYUKI
MORI TAKAHIRO
SANAGI NORITOSHI
MATSUMURO HARUO

(54) PARALLEL OPERATION DEVICE FOR FUEL CELL POWER PLANT

(57)Abstract:

PURPOSE: To enable the parallel operation of specific load to be carried out.

CONSTITUTION: An electric control device 13 allows active electric energy and reactive electric energy to follow the quantity of load allotment, and generates PWM signals in such a way that an orthogonal transformer 10 forces each plant to establish the a.c. wave form output in an identical shape to specific load. A load allotment control means 15 assigns one master plant based on the operation and suspension condition of each plant and a rule determined in advance, and also assigns remainders to a slave plant, and concurrently determines the quantity of load allotment based on the power requisition of the specific load and the number of machines in operation in each plant. A synchronized signal switching means 16 outputs a synchronized signal to be synchronized with the a.c. output of your plant when your plant is assigned to the master plant, and meanwhile takes in the synchronized signal of the master plant when your plant is assigned to the slave plant.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-171919

(43) 公開日 平成8年(1996)7月2日

(51) Int.Cl.⁵

H 0 1 M 8/00

8/04

識別記号

Z 9444-4K

P

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数5 F D (全 31 頁)

(21) 出願番号 特願平6-333831

(22) 出願日 平成6年(1994)12月19日

(71) 出願人 000221096

東芝システムテクノロジー株式会社
東京都府中市晴見町2丁目24番地の1

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝
神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 武田 保

東京都府中市東芝町1番地 株式会社東芝
府中工場内

(72) 発明者 比嘉 基幸

東京都府中市晴見町2丁目24番地の1 東
芝システムテクノロジー株式会社内

(74) 代理人 弁理士 紋田 誠

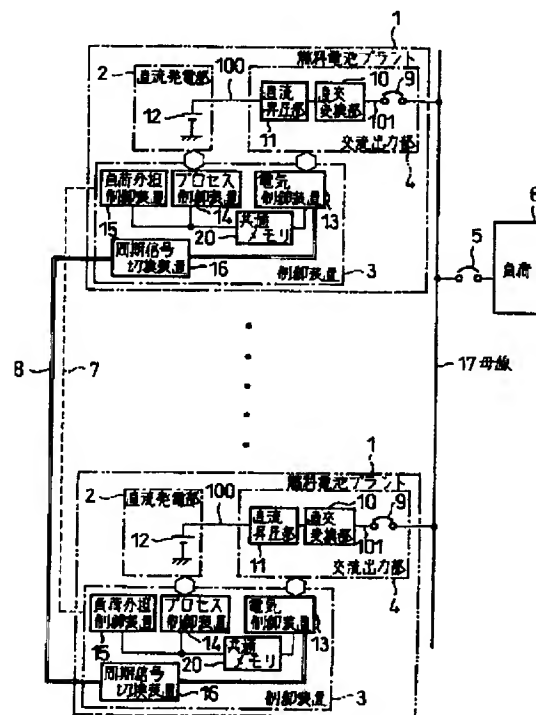
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 燃料電池発電プラントの並列運転装置

(57) 【要約】

【構成】 電気制御装置13は、有効電力量と無効電力量とが負荷分担量へ追従し、直交変換器10から特定負荷へ各プラントが同形の交流波形出力をするようにPWM信号を生成する。負荷分担制御装置15は、プラントの運転停止状態と予め定めたルールとにより1つのマスタープラントを決定し、残りをスレーブプラントとする共に、特定負荷の電力要求量とプラントの運転台数とから負荷負担量を決定する。同期信号切換装置16は、自プラントがマスタープラントのとき自プラントの交流出力に同期する同期信号を出力する一方、自プラントがスレーブプラントのときマスタープラントの同期信号を取込む。

【効果】 特定負荷の並列運転を可能とする。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 特定負荷に対して複数台からなる燃料電池のプラントが並列接続されて電力供給系統を構成し、それぞれのプラントは、

燃料電池によって直流電圧を発生させる直流発電部と、この直流発電部により発生した直流電圧を昇圧し直流を交流へ変換する直交変換器を有する交流出力部と、前記直流発電部内の各プロセス量を制御するプロセス制御装置と、

プラントの運転停止状態に応じて前記複数台のプラントの中で主導的な 1 つのマスタープラントを決定し、残りを前記マスタープラントに従属するスレーブプラントとすると共に、前記特定負荷の電力要求量とプラントの運転台数とから各プラントの負荷負担量を決定する負荷分担制御装置と、

前記マスタープラントから前記特定負荷へ出力する交流出力とスレーブプラントの交流出力とを同期させるために自プラントがマスタープラントのとき自プラントの交流出力に同期する同期信号を出力する一方、自プラントがスレーブプラントのとき前記マスタープラントの前記同期信号を取込む同期信号切換装置と、

前記直交変換器から出力される有効電力量と無効電力とがそれぞれの前記負荷分担量へ追従し、直交変換器から出力される電圧がマスタープラントの目標値となるようにすると共に、マスタープラントの同期信号に同期した前記直交変換器から特定負荷へ各プラントが同形の交流波形出力をするように PWM 信号を生成する電気制御装置と、

それぞれのプラントの運転状態を取込み全プラントの運転状態を保存する共通メモリとを備えることを特徴とする燃料電池発電プラントの並列運転装置。

【請求項 2】 前記負荷分担制御装置は、前記共通メモリから各プラントの運転または停止状況を取込み、予め定められたルールに従ってどのプラントを優先的に前記マスタープラントとするか優先度の指数で表す自プラントの優先度の指数を計算し、前記共通メモリへ保存する計算部と、

前記共通メモリから各プラントの優先度の指数を入力してこれらの優先度の指数の大小関係から自プラントがマスタープラントかスレーブプラントかを決定し、前記共通メモリへ保存するマスタープラント決定部と、

前記共通メモリから取込まれた前記特定負荷の要求量とプラント運転台数とから所定の計算に従って各プラントの負荷負担量を計算して前記共通メモリへ保存する負荷分担量決定部とを設けることを特徴とする請求項 1 記載の燃料電池発電プラントの並列運転装置。

【請求項 3】 前記電気制御装置は、前記共通メモリを参照して自プラントがマスタープラントのとき同期信号を出力する一方、自プラントがスレーブプラントのとき他プラントのマスタープラントから同

期信号を一旦取込みバイパス出力する同期信号処理装置と、

自プラントが停止中若しくは異常時に前記同期信号が前記同期信号処理装置をバイパスするバイパス信号を出力する電気制御装置監視器とを設け、

前記同期信号切換装置は、

前記同期信号を入力する入口側と出力する出口側とを有し、それぞれの各プラントの入口側と出口側とが相互に接続され同期信号が各プラントへ伝達するように閉ループを形成した同期信号伝送路と、

前記同期信号処理装置からの同期信号を取込み出力する一方、前記バイパス信号が入力されると、同期信号をバイパスさせるように切換える同期信号切換手段を設けることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 記載の燃料電池発電プラントの並列運転装置。

【請求項 4】 前記電気制御装置は、

前記共通メモリから各種データを取込み自プラントがマスタープラントのとき前記同期信号処理装置から同期信号を取込みまたは自プラントがスレーブプラントのとき前記同期信号切換装置を介して同期信号を取込む同期信号入力部と、

前記同期信号に同期し、前記直交変換器から出力される有効電力量が前記負荷分担量となるように位相制御信号を出力する有効電力位相制御部と、

前記直交変換器から出力される電圧がマスタープラントにより予め定めた電圧目標値となるように電圧信号を出力する電圧制御部と、

前記直交変換器から出力される無効電力量が前記無効電力負担量となるように交流出力部に備える直流昇圧部の直流出力電圧を増減させる無効電力制御部と、

前記有効電力位相制御部からの位相制御信号と前記電圧制御部から電圧信号とを入力して PWM 波形を生成して前記直交変換器へ出力する PWM 波生成部とを備えたことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 記載のいずれかの燃料電池発電プラントの並列運転装置。

【請求項 5】 前記プロセス制御装置は、

前記直流発電部からの直流出力電流を予め定めた関数により目標値として、前記直流出力電流の増減に応じて燃料制御弁を制御して改質燃料中の水素を増減させる燃料流量制御部と、

直流出力電流の増減と前記改質水素の増減に応じて蒸気量と水素量の混合比を増減させる蒸気エジェクタ制御部と、

前記直流出力電流の増減に応じてバーナ空気制御弁を制御してバーナへの空気量を増減させるバーナ空気流量制御部と、

前記直流出力電流の増減に応じてプロセス空気制御弁を制御して空気極への空気流量を増減させるプロセス空気流量制御部と、

前記直流出力電流の増減に応じて電池冷却水ヒータと電

10

20

30

40

50

池冷却水温度制御弁を制御して電池冷却水温度を増減させる電池冷却水温度制御部とを設けることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 記載のいずれかの燃料電池発電プラントの並列運転装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、燃料電池発電プラントの並列運転装置に係わり、特に電力需要のある現場へパッケージ化された小型低出力タイプの複数による燃料電池発電プラントを配置して並列運転するに好適な燃料電池発電プラントの並列運転装置に関する。

【0002】

【従来の技術】通常、電力は発電機を蒸気タービン等の原動機で回転させ、この与えられた駆動エネルギーを発電機によって交流電力として発生させて、発生した交流電力のまま需要側へ供給する。この方法が電力の発生から消費に至るまで最も都合のよいものとして採用されている。

【0003】一方、蒸気タービン等を駆動させる蒸気は、ボイラ等により石油、ガス等の燃料を燃焼させた熱エネルギーにより発生させているが、この燃料エネルギーを熱エネルギーとして取出し、これを蒸気エネルギーに交換し、さらに、電気エネルギーとして取出すことは効率面で不利である。このため、近年では、燃料の電気化学的变化を行わせ、この電気化学的变化の際に発生する電子の流れにより直接エネルギーを取出す燃料電池発電方式が、省エネルギー発電の一つとして注目され採用されつつある。

【0004】この燃料電池は、供給される燃料と酸化剤とを電気化学的に反応させて電力を発生するものであるが、その出力は直流出力であり、特定区域で消費する場合はこの直流のまま消費し、また、省エネルギー製作の一貫として大量の電力をまかなう場合には、直流-交流変換器により交流に変換して電力系統へ供給するようにしている。

【0005】このようにして特定の電力需要に対して電力供給を行う場合、その電力需要に見合う 1 台のプラントを新規に製造し電力供給をするかまたはパッケージ化された低出力タイプのオンサイト型燃料電池プラントを 1 台電力需要のある現場付近に設置し、不足分を系統からの電力で補うことにより電力供給を行っていた。

【0006】以下このオンサイト型燃料電池プラントの従来までの発電方法を説明する。

【0007】従来の燃料電池プラントの運転方法には次の 3 種類があり、それぞれの運転方法をオペレータの操作により切替えることができた。

【0008】(1) 待機運転 : プラント内の補機へ直流変換器出力を供給する運転。

(2) 系統連係運転 : 直流交換器出力を系統へ供給する運転。

(3) 単独負荷運転 : 直流交換器出力を単独負荷へ系統に関係なく供給する運転。

【0009】燃料電池プラントの標準的な構成図である図 18 を参照して燃料電池プラントの電気出力方法と上記 3 種類の運転方法とその切換え方法について説明する。

【0010】燃料電池プラント 1 は大別して直流発電部 2 と制御装置 3 と交流出力部 4 とからなっている。制御装置 3 は、電気制御装置 13 とプロセス制御装置 14 と共通メモリ 20 とにより構成され、電気制御装置 13 は交流出力部 4 を制御し、また、プロセス制御装置 14 は直流発電部 2 を制御する。

【0011】まず、前記 (1) の待機運転への移行について説明する。

【0012】直流発電部 2 内の燃料電池 12 は、プロセス制御装置 14 により制御され、供給される燃料と空気とにより電気化学変化を起こし、直流起電力を発生する。このとき、電気制御装置 13 は、この直流起電力による電圧を検出し直流昇圧部 11 が起動するために十分な電圧になると、直流昇圧部 11 を起動させる。直流昇圧部 11 は燃料電池 12 で発生した起電力をさらに昇圧する。これは、この後に起動される直流変換器 10 により直流から交流へ変換する効率を上げるため行われる。

【0013】これら直流昇圧部 11、直交変換器 10 が起動されたことにより、燃料電池 12 で発生し直流出力 100 が交流出力 101 に変換される。その後に交流出力電圧が定格に達すると、切換器 21 が系統側 (図示 B 側) から直交変換器 10 側 (図示 A 側) へ切り換わり、直交変換器 10 の出力をプラント内の補機へ供給する。このとき燃料電池 12 からの直流出力 100 がプラント補機への交流出力電力と直交変換器 10 等のロス分を合わせた直流出力電力となる。燃料電池 12 からの出力電圧は一定であるため直流電流が上昇する。

【0014】なお、切換器 21 は交流出力 101 が出力されるまでは、系統側 (図示 B 側) にあり系統電力をプラント内の補機に供給する。

【0015】以上説明したように、プラント内の補機への電力供給を直交変換器 10 からの交流出力 101 により行い、プラントを維持している状態を前記 (1) 待機運転と呼ぶ。このとき、単独負荷運転用遮断器 9 は

「開」、系統連係用遮断器 18 は「開」、内部接続遮断器 19 は「閉」となっている。従って、負荷 6 には、系統 22 からの電力供給がされている。

【0016】次に、(1) 待機運転とき、(2) 系統連係運転へ移行する場合について説明する。

【0017】まず、待機運転状態にある燃料電池プラント 1 において、オペレータが電気制御装置 13 に接続されている端末から系統連係運転を選択すると、プラントは (2) 系統連係運転へ切り換わる。

【0018】待機運転のとき、遮断器 5 が「閉」状態な

ので内部接続遮断器19を介して系統22から負荷6へ電力が供給されている。この状態でオペレータが電気制御装置13に接続された端末から系統連係運転を選択すると、交流出力部4内の系統連係用遮断器18が「閉」となる。これにより、単独負荷運転用遮断器9は「開」、系統連係用遮断器18は「閉」、内部接続遮断器19は「閉」となり、切換器21は直交変換器10側(図示A側)に接続される。

【0019】従って、直交変換器10の交流出力101からプラント補機を除いた分の電力が負荷6に供給され、負荷6へは系統22と燃料電池プラント1の両方から電力供給がされる。このとき、燃料電池プラント1は系統22と同期が取られた交流出力としている。

【0020】また、オペレータが端末から系統連係運転を選択すると同時に、燃料電池プラント1から出力すべき有効電力と無効電力とを設定する。オペレータにより有効電力と無効電力との設定された電気制御装置13では直交変換器10に対して出力電圧と位相を操作する。これにより、オペレータが設定した有効電力と無効電力とが出力される。

【0021】次に、(3)単独負荷運転への移行について説明する。

【0022】待機運転状態にある燃料電池プラント1において、オペレータが電気制御装置13に接続されている端末から単独負荷運転を選択すると、プラントは

(3)単独負荷運転へ切り換わる。

*

$$P = [V_a \cdot V_b \sin \theta] / Z \text{----- (1)}$$

$$Q = [V_a \cdot (V_a - V_b) \cos \theta] / Z \text{----- (2)}$$

【0029】ここで、 V_a ：直交変換器の出力電圧

V_b ：系統の電圧

Z ：直交変換器と系統の連係インピーダンス

θ ：直交変換器の出力電圧波形と系統の電圧波形の位相差

【0030】上記式(1)、(2)より有効電力 P と無効電力 Q とは、直交変換器10の出力電圧 V_a とその位相 θ を調整すればよいことが判る。上記の考えから有効電力 P と無効電力 Q の制御は、図19に示すオペレータによる有効電力設定 P_{set} と無効電力設定 Q_{set} によって実現される。

【0031】すなわち、図19の右上に示す有効電力設定 P_{set} と有効電力 P (図示太線)とが比較手段80へ入力され、得られる偏差信号が有効電力制御手段81により制御演算され、得られる信号が加算手段82へ入力される。

【0032】次に、系統22から系統同期信号発生手段91によって系統同期信号が取込まれる(図示太線)。この系統同期信号と有効電力制御手段81の出力信号とが加算手段82により加算され、位相制御手段83により位相 θ が生成される。

【0033】一方、オペレータによって設定される無効

*【0023】待機運転状態のとき、遮断器5が「閉」状態なので負荷6に対して系統22からの電力が供給されている。この状態でオペレータが電気制御装置13に接続された端末から単独負荷運転を選択すると、交流出力部4内の単独負荷運転用遮断器9が「閉」となり内部接続遮断器19が「開」となる。これにより、単独負荷運転用遮断器9は「閉」、系統連係用遮断器18は「開」、内部接続遮断器19は「開」となり、切換器21が直交変換器10側(図示A側)に接続されている。

【0024】従って、直交変換器10の交流出力101からプラント補機を除いた分の電力が負荷6に供給される。このとき、負荷6は燃料電池プラント1の定格出力より小さい負荷容量に限定される。

【0025】次に、系統連係運転の制御について図19を参照しつつ説明する。

【0026】まず、予め定められた目標電圧信号 v_B/R と直流昇圧部11の出力信号との偏差信号が比較手段87によって算出され、偏差信号が昇圧器電圧制御手段86と直流昇圧部11とに制御されて直流昇圧部11の出力信号が目標電圧信号 v_B/R に追従される。これにより、目標電圧信号 v_B/R に追従制御されて直流昇圧部11から直流出力が位相制御手段83へ入力される(図示太線)。

【0027】一般に、有効電力 P と無効電力 Q は次の式(1)と(2)で示される。

*【0028】

電力設定 Q_{set} (図示右下)と無効電力とが比較手段88へ入力され得られた偏差信号が無効電力制御手段84によって制御演算されて交流出力電圧制御定数 $\%F$ が電圧制御手段85へ出力される。

【0034】これによって、位相制御手段83による位相 θ と電圧制御手段85による電圧 v とからスイッチングトランジスタがON/OFFされて図20に示すPWM波(図示下段)が生成される。

【0035】この図20に示すPWM波は電圧 v でONの時間幅が定まり、トランジスタがPWM波の立ち上がりの時間間隔だけONとなる。このとき、位相 θ 操作はPWM波の0クロスの立ち上がりタイミングを変えることにより操作でき、電圧 v の操作量はPWM波のON時間を変えることにより操作される。この結果、図示上段のような交流出力波形の平均値が得られる。

【0036】このような制御により燃料電池プラント1は系統に同期した電力供給を行い、さらに、有効電力と無効電力とを制御している。

【0037】次に、待機運転中および単独負荷運転中における直交変換器10と直流昇圧部11を制御する電気制御装置13の制御内容を図21を参照して説明する。

【0038】まず、直流昇圧部11の電圧制御は、図1

10

20

30

40

50

9で説明した系統連係時と同様で目標電圧信号 v_B/R に直流昇圧部11の出力信号が追従するように比較手段87からの偏差信号を昇圧器電圧制御手段86により制御する。直流昇圧部11の電圧制御の方法は、上記系統連係時の方法と同様である。

【0039】単独負荷運転のときは系統連係運転と異なり有効電力制御および無効電力制御は行わず、出力電圧一定制御を行うのみである。その理由は負荷運転中は直交変換器10に接続される負荷の成分により必要となる有効電力 P と無効電力 Q が一義に決まるからである。つまり、純抵抗負荷分の大きさで有効電力の大きさ、インダクタンスとコンデンサ分の負荷の大きさにより無効電力 Q の大きさが決まる。従って、この場合の出力側である直交変換器10で制御する必要はなく、燃料電池プラント1の定格以内の負荷容量を接続する場合、負荷6側で必要な電力を直交変換器10が出力する。

【0040】また、単独負荷運転中のプラントは、交流出力を系統22と同期させる必要がないため、電気制御装置13内に設ける基準クロックにより、その周波数を保持することができる。

【0041】このようにして、単独負荷運転の場合、基準クロックから生成された位相 Θ_{ref} と比較手段90により算出された出力電圧 v と目標電圧 v_i の偏差信号から $\%F$ 算出手段89により算出される交流出力電圧制御定数 $\%F$ と位相制御手段83により生成される位相 Θ と電圧制御手段85により生成される電圧 v とから図20に示すと同様のPWM波が生成される。このPWM波により直交変換器10を制御し交流出力の電圧を目標値に制御する。

【0042】このように、従来のオンサイト型燃料電池プラントは、待機運転、系統連係運転、単独負荷運転という3種類の運転方法を持ち、それぞれの運転方法に対し、直交変換器の制御方法を変えて、できるだけ安定した電力供給を電力需要に対して行っていた。

【0043】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、図18により説明した従来の燃料電池プラント1には次の問題がある。

【0044】まず、第一に、系統22に接続するために電力需要がある現場へ特別の送電線を配設する必要があるため多額の工事費等を要する。また、前記(2)の系統連係運転のときは、燃料電池プラント1では、負荷6の電力需要が追いつけず、不足分を系統22から補うのである。従って、負荷6の要求負荷量 X と燃料電池プラント1の定格容量 Y とが $X > Y$ の関係のとき、系統異常が発生すれば燃料電池プラント1のみでは過負荷となり、燃料電池プラント1の保護のため燃料電池プラント1が強制停止となり電力供給が完全停止するという問題がある。

【0045】また、第二に、前記(3)単独運転の場

合、負荷6の要求負荷容量 X と燃料電池プラント1との定格容量 Y との間で $X < Y$ の関係が常に成立する必要がある、負荷6の最大要求負荷容量に見合った余裕のある専用の燃料電池プラント1を製造し現場に設置しなければならなかった。このような場合、当初と比べ設備が増設され、電力需要が増加すれば、系統からの電力に頼らざるを得なく、負荷6の設備がなくなり燃料電池プラント1が不要となっても、専用の燃料電池プラント1では、他の現場へ持って行って転用することも困難であった。

【0046】そこで、本発明は特定負荷の大小に応じ複数の燃料電池プラント1を並列運転させる燃料電池発電プラントの並列運転装置を提供することを目的とする。

【0047】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明は、特定負荷に対して複数台からなる燃料電池のプラントが並列接続されて電力供給系統を構成し、それぞれのプラントは、燃料電池によって直流電圧を発生させる直流発電部と、この直流発電部により発生した直流電圧を昇圧し直流を交流へ変換する直交変換器を有する交流出力部と、直流発電部内の各プロセス量を制御するプロセス制御装置と、プラントの運転停止状態に応じて複数台のプラントの内です導的な1つのマスタープラントを決定し、残りをマスタープラントに従属するスレーブプラントとするプラントと共に、特定負荷の電力要求量とプラントの運転台数とから各プラントの負荷負担量を決定する負荷分担制御装置と、マスタープラントから特定負荷へ出力する交流出力とスレーブプラントの交流出力とを同期させるために自プラントがマスタープラントのとき自プラントの交流出力に同期する同期信号を出力する一方、自プラントがスレーブプラントのときマスタープラントの同期信号を取込む同期信号切換装置と、直交変換器から出力される有効電力量と無効電力とがそれぞれの負荷分担量へ追従し、直交変換器から出力される電圧がマスタープラントの目標値となるように共に、マスタープラントに同期信号に同期した直交変換器から特定負荷へ各プラントが同形の交流波形出力をするようにPWM信号を生成する電気制御装置と、それぞれのプラントの運転状態を取込み全プラントの運転状態を保存する共通メモリとを設けるようにしたものである。

【0048】請求項2の発明は、請求項1記載の燃料電池発電プラントの並列運転装置において、負荷分担制御装置は、共通メモリから各プラントの運転または停止状況を取込み、予め定められたルールに従ってどのプラントを優先的にマスタープラントとするか優先度の指数で表す自プラントの優先度の指数を計算し、共通メモリへ保存する計算部と、共通メモリから各プラントの優先度の指数を入力してこれらの優先度の指数の大小関係から自プラントがマスタープラントかスレーブプラントかを決定し、共通メモリへ保存するマスタープラント決定部

と、共通メモリから取込まれた特定負荷の要求量とプラント運転台数とから所定の計算に従って各プラントの負荷分担量を計算して共通メモリへ保存する負荷分担量決定部とを設けるようにしたものである。

【0049】請求項3の発明は、請求項1または請求項2記載の燃料電池発電プラントの並列運転装置において、電気制御装置は、共通メモリを参照して自プラントがマスタープラントのとき同期信号を出力する一方、自プラントがスレーブプラントのとき他プラントのマスタープラントから同期信号を一旦取込みバイパス出力する同期信号処理装置と、自プラントが停止中若しくは異常時に同期信号が同期信号処理装置をバイパスするバイパス信号を出力する電気制御装置監視器とを設け、同期信号切替装置は、同期信号を入力する入口側と出力する出口側とを有し、それぞれの各プラントの入口側と出口側とが相互に接続され同期信号が各プラントへ伝達するように閉ループを形成した同期信号伝送路と、同期信号処理装置からの同期信号を取込み出力する一方、バイパス信号が入力されると、同期信号をバイパスさせるように切替える同期信号切替手段を設けるようにしたものである。

【0050】請求項4の発明は、請求項1乃至請求項3記載のいずれかの燃料電池発電プラントの並列運転装置において、電気制御装置は、共通メモリから各種データを取込み自プラントがマスタープラントのとき同期信号処理装置から同期信号を取込みまたは自プラントがスレーブプラントのとき同期信号切替装置を介して同期信号を取込む同期信号入力部と、同期信号に同期し、直交変換器から出力される有効電力量が負荷分担量となるように位相制御信号を出力する有効電力位相制御部と、直交変換器から出力される電圧がマスタープラントにより予め定めた電圧目標値となるように電圧信号を出力する電圧制御部と、直交変換器から出力される無効電力量が無効電力負担量となるように交流出力部に備える直流昇圧部の直流出力電圧を増減させる無効電力制御部と、有効電力位相制御部からの位相制御信号と電圧制御部から電圧信号とを入力してPWM波形を生成して直交変換器へ出力するPWM波生成部とを設けるようにしたものである。

【0051】請求項5の発明は、請求項1乃至請求項4記載のいずれかの燃料電池発電プラントの並列運転装置において、プロセス制御装置は、直流発電部からの直流出力電流を予め定めた関数により目標値として、直流電流の増減に応じて燃料制御弁を制御して改質燃料中の水素を増減させる燃料流量制御部と、直流出力電流の増減と改質水素の増減に応じて蒸気量と水素量の混合比を増減させる蒸気エジェクタ制御部と、直流出力電流の増減に応じてバーナ空気制御弁を制御してバーナへの空気量を増減させるバーナ空気流量制御部と、直流出力電流の増減に応じてプロセス空気制御弁を制御して空気極への

空気流量を増減させるプロセス空気流量制御部と、直流出力電流の増減に応じて電池冷却水ヒータと電池冷却水温度制御弁を制御して電池冷却水温度を増減させる電池冷却水温度制御部とを設けるようにしたものである。

【0052】

【作用】請求項1の発明によれば、複数の並列運転中のプラントの内所定のルールにより主導的なプラントとしてマスタープラントが決定され、残りがスレーブプラントとされ、さらに、特定負荷の電力要求量から各プラントの負荷分担量が決定される。そして、運転中の各プラントでは、マスタープラントからの同期信号に同期して直交変換器から出力される有効電力量が負荷分担量となるように追従し、かつ、直交変換器から出力される無効電力量が負荷分担量となるように追従し、さらに、直交変換器から出力される電圧がマスタープラントの電圧目標値となるように追従して、各プラントの直交変換器から同形状のPWMパターンに基づいて交流出力波形が出力されるように制御がされる。これにより、運転中のプラントの出力が全て同期が取られ特定負荷の電力需要に見合って各プラントが負荷分担がされる。さらに、各プラントのPWMパターンを同形にすることができるから有効電力、無効電力、出力電圧が各プラント共に同じで並列運転中の横流を防止することができる。また、並列運転中のあるプラントが故障等で停止しても、残りのプラントの各々負荷分担を変更することができ、並列運転中に後から運転するプラントを増加させることもできる。従って、特定負荷に対して1台の専用プラントを製造する必要がなく、複数の汎用の量産化されたプラントを用いて電力需要に答えることができ経済的な運用ができる。

【0053】請求項2の発明によれば、各プラントの運転または停止状況と予め定めたルールから運転中のどのプラントを優先的にマスタープラントとするかを優先度の指数で表す優先度の指数が計算され、この優先度の指数の大小関係からマスタープラントが決定され、残りがスレーブプラントとされる。また、特定負荷の電力需要量と運転台数とから1台当たりの負荷分担量が計算され、これらのデータが共通メモリへ保存される。これにより、並列運転中にマスタープラントが故障して停止するとき、各プラントの優先度の指数から次のマスタープラントとなるプラントが直ちに決定され、円滑な並列運転が行われる。また、特定負荷の電力需要の増減や運転中プラントが故障で停止するとき、さらに、停止中のプラントが運転を再開するとき、負荷分担量が計算され、これに基づいて各プラントの電力が出力される。従って、並列運転中の特定負荷の電力需要に安定、かつ、確実に追従することができる。

【0054】請求項3の発明によれば、マスタープラントで生成される同期信号が同期信号伝送路を介してスレーブプラントへ伝送され、異常または停止中のプラント

のときにはバイパスされ、途中に正常復帰または運転が再開されたとき、バイパスしないで同期信号がスレーブプラントへ取込まれる。これにより、並列運転中にプラントが異常となったり、停止したり、運転が再開しても何ら特定負荷に影響を与えることなくプラントが同期された電力を供給することができる。

【0055】請求項4の発明によれば、有効電力位相制御部により同期信号に同期し直交変換器から出力される有効電力量が負荷分担量となるように位相制御信号が出力され、電圧制御部により交流出力電圧がマスタープラントの目標値となるように電圧信号が出力され、無効電力制御部により直交変換器から出力される無効電力が無効電力分担量となるように直流昇圧部の直流出力電圧が制御される。さらに、位相制御信号と電圧信号とからPWM波形が生成される。これにより、各プラントのPWM波が同パターンとなり、各プラント間に横流が発生することがなく、特定負荷に対して安定した電力を供給できる。

【0056】請求項5の発明によれば、直流発電部が出力する直流出力電流の増減に応じて先行的にプラント内の各プロセス量を増減させて各プロセス量が追従される。これにより、並列運転では、負荷分担が変化し易く直交変換器からの交流出力が変化して直流発電部の直流出力電流が変動するがこれに追従して各プロセス量が変化する。従って、燃料電池に加わる負担が軽減されプラント全体が常に安定する。

【0057】

【実施例】以下、本発明の実施例について図面を参照して説明する。

【0058】図1は、本発明の第1実施例を示す燃料電池発電プラントの並列運転装置の構成図である。

【0059】図において、複数の燃料電池プラント1が母線17に接続され、遮断器5を介して負荷6に接続されている。

【0060】各燃料電池プラント1は、直流発電部2と制御装置3と交流出力部4からなっている。直流発電部2は、図18と同様の燃料電池12を有し、制御装置3は電気制御装置13とプロセス制御装置14と共通メモリ20と負荷分担制御装置15と同期信号切換装置16とを設け、並列運転が可能のように構成されている。

【0061】交流出力部4は、直交変換器10と直流昇圧部11と遮断器9とからなっている。そして、各燃料電池プラント1の負荷分担制御装置15が互いにデータ伝送路7によって接続されると共に、同期信号切換装置16が互いに同期信号伝送路8によって接続されている。

【0062】ここで、電気制御装置13は、直交変換器10から出力される有効電力量と無効電力量とがそれぞれの負荷分担量へ追従し、直交変換器10から出力される電圧がマスタープラントの目標値となるように共に、

マスタープラントに同期信号に同期した直交変換器10から特定負荷へ各プラントが同形の交流波形出力をするようにPWM信号を生成するものである。

【0063】プロセス制御装置14は、直流発電部2内の各プロセス量を制御するものである。

【0064】負荷分担制御装置15は、プラントの運転停止状態と予め定めたルールとにより複数台のプラントの内で主導的な1つのマスタープラントを決定し、残りをマスタープラントに従属するスレーブプラントとするプラントと共に、特定負荷の電力要求量とプラントの運転台数とから各プラントの負荷分担量を決定するものである。

【0065】同期信号切換装置16は、マスタープラントから特定負荷へ出力する交流出力とスレーブプラントの交流出力とを同期させるために自プラントがマスタープラントのとき自プラントの交流出力に同期する同期信号を出力する一方、自プラントがスレーブプラントのときマスタープラントの同期信号を取込むものである。

【0066】共通メモリ20は、それぞれのプラントの運転状態を取込み全プラントの運転状態を保存するものである。

【0067】以上の構成で、負荷分担制御装置15の作用から順次説明すると、まず、図2に示すように、負荷分担制御装置15が停止中にはOFF状態であり、電源投入操作等により負荷分担制御装置15が初期化状態に入る(図示矢印方向)。初期化処理が終了すると停止状態に遷移する。この状態において、電気制御装置13が停止中および先に説明した待機運転状態であれば、負荷分担制御装置15は停止状態に停滞し、電気制御装置13が負荷運転状態であれば、負荷分担制御装置15は発電状態に遷移する。

【0068】逆に、電気制御装置13が負荷運転から故障などの何らかの理由により待機運転または停止状態になると、負荷分担制御装置15が停止状態に遷移される。ここで、電気制御装置13と負荷分担制御装置15とは互いの運転状態を含めた様々なパラメータを共通メモリ20を介して通信を行っているため、互いの運転状態を知ることができる。

【0069】次に、停止状態のときの負荷分担制御装置15による処理について図3を参照して説明する。

【0070】まず、負荷分担制御装置15が停止すると、負荷分担制御ステート書込み処理が行われ、現在の負荷分担制御装置15の状態である停止状態が共通メモリ20に書込まれ(S1)、優先度初期化処理により自分自身の持つ優先度の指数を表す優先順位番号(PRI_0)を「1」にセットする(S2)。

【0071】次に、データ伝送路7を介して各プラントの負荷分担制御装置15が持つ優先度番号を受信し(S3)優先度計算処理がされ、自分の優先度番号が再計算される(S4)。これによって、自分のプラントがマス

タープラントかスレーブプラントかの判断処理を行う
(S5)。このマスター/スレーブ判断処理により自分
プラントがマスターかスレーブかが判断され、マスター
フラグ(D_MASTER)が決定される。このマスタ
ーフラグがマスターフラグ書込み処理により共通メモリ
20へ書込み(S6)、共通メモリ20から電気制御装
置13の運転状態が読込まれる(S7)。この結果、自
分のプラントが発電中か否かの判断が行われる(S
8)。

【0072】この判断で、電気制御装置13が発電中で
あれば、図4に示す発電状態のときの処理へ移行し、発
電中でなければ、負荷分担制御ステート書込み処理(S
1)まで戻り処理を繰り返す(S1~S8)。なお、図
3において、四角形の二重枠を示す処理は、共通メモリ
20へのアクセスを表し、四角形の左下の隅の黒塗り三
角形はデータ伝送路7へ対する送受信を表している。

【0073】次に、発電状態の負荷分担制御装置15に
よる処理について図4を参照して説明する。

【0074】図3に示す処理により発電中と判断され
ると、図4に示す負荷分担制御発電ステート書込み処理
へ移行する(S9)。すなわち、負荷分担制御ステート書
込み処理では、負荷分担制御装置15の現在状態である
発電状態を共通メモリ20へ書込み、優先度送信処理に
おいてデータ伝送路7に対して、先の優先度計算にて算
出された自分のプラントの優先度番号を出力する(S1
0)。

【0075】このとき、燃料電池プラント1は発電状態
にあり、電気制御装置13は交流出力部4に対して制御
を行っている。電気制御装置13は自分のプラントの制
御している燃料電池プラント1の出力する有効電力と無
効電力とを検出し、検出された有効電力と無効電力とを
共通メモリ20へ書き込む(S11)。P、Q読込み処
理がされると、電気制御装置13が共通メモリ20へ書
き込んだ自分のプラントの有効電力Pと無効電力Qとを
読出し、これをデータ伝送路7に対して送信する(S1
2)。

【0076】そして、データ伝送路7により送受信され
ている並列運転中の他のプラントの有効電力Pと無効電
力QとをP、Q受信処理(S13)により受信する。そ
して、P、Q計算処理により、他のプラントの有効電力
と自分のプラントの有効電力とから有効電力の平均値を
算出する。また、他のプラントの無効電力と自分のプラ
ントの無効電力から無効電力の平均値を算出する(S1
4)。算出された有効電力と無効電力とが共通メモリ2
0へ書込まれる(S15)。このように算出された値が
電気制御装置13に対する有効電力と無効電力の目標値
となる。

【0077】ここで、上記した有効電力と無効電力の計
算方法を3台の燃料電池プラント1を並列運転する例を
示す図5を参照して説明する。

【0078】図5は、FC#1とFC#2とFC#3と
いう3台の燃料電池プラント1の並列運転を示し、燃料
電池プラント1の中の負荷分担制御装置15がデータ伝
送路7により接続されデータ伝送を行っている。この伝
送項目の中でFC#1は有効電力 $P=a1$ 、無効電力 $Q=b1$
の出力で運転していることを示し、FC#2は有
効電力 $P=a2$ 、無効電力 $Q=b2$ の出力で運転してい
ることを示し、また、FC#3は有効電力 $P=a3$ 、無
効電力 $Q=b3$ の出力で運転していることを示す。

【0079】これらのデータは、図4で説明したP、Q
読込み処理部(S11)、P、Q送信処理(S12)
P、Q受信処理(S13)の各処理により行われ、FC
#1、FC#2、FC#3のそれぞれのプラント内の負
荷分担制御装置15が次の式(3)、(4)により負荷
分担量を計算する。

【0080】

$$P = (a1 + a2 + a3) / 3 \text{ ----- (3)}$$

$$Q = (b1 + b2 + b3) / 3 \text{ ----- (4)}$$

【0081】この計算は、図4に示す処理ステップS1
4で行われ、分母にある「3」は自分のプラントのデー
タを含め、受信したデータの個数である。これを各電気
制御装置13の有効電力P、無効電力Qの目標値として
渡す。このように負荷分担制御装置15では、並列運転
中のプラントの全出力を並列運転中のプラント台数で割
り、負荷に対する電力供給を並列運転中のプラントが平
均的に分担する。

【0082】次に、同期信号切換装置16の処理につい
て説明する。

【0083】一般に、交流波形は交流の周波数と位相と
交流電圧によりその波形が形成される。この内で周波数
は予め設定される場所および負荷の周波数からプラント
製作時に一義に定義される。ところが、プラントの並列
運転中の全てのプラントの周波数が同一でも同期がとれ
るとは限られず、同期信号が必要である。

【0084】すなわち、図3で説明したマスター/スレ
ーブ判断(S5)によりマスタープラントと判断された
燃料電池プラント1の電気制御装置13は、その出力波
形から0クロスを検出し、0クロスの位置から立上がり
所定幅の図6に示すような矩形波を生成する。この矩形
波が同燃料電池プラント1内の同期信号切換装置16に
送られ同期信号伝送路8を経由して、スレーブプラント
と判定された燃料電池プラント1内の同期信号切換装置
16に送られる。スレーブプラント内の電気制御装置1
3では交流出力の0クロス点をこのマスタープラントか
ら受けた矩形波の立ち上がりと合わせる。このようにし
てマスタープラントと他のスレーブプラントとの同期が
取られる。

【0085】次に、交流出力電圧制御定数%Fについて
図7により説明する。

【0086】まず、図3で説明した負荷分担制御装置1

5の処理で、ステート読み込み処理(S7)により電気制御装置13の状態が読み込まれる。負荷分担制御装置15が発電中か否かの判断が行われ(S21)、さらに、図3のマスター／スレーブ判断処理の結果からマスターか否かの判断が行われる(S22)。

【0087】この判断で、該当するプラントが発電中で、かつ、マスタープラントであったとすれば、交流電圧制御定数(EXT_%F)を0に設定し(S23)、%F読み込み処理にて共通メモリ20を介して自分のプラントの中で使用している交流出力電圧制御定数%Fを読み込み(S24)、この交流出力電圧制御定数の%Fをデータ伝送路7へ送出す(S25)。

【0088】また、該当するプラントが発電中で、かつ、スレーブプラントであったときに、交流電圧制御定数(EXT_%F)をデータ伝送路7から読み込み、共通メモリ20へ書き込む(S26、S27)。これにより、書き込まれた交流出力電圧制御定数%Fが電気制御装置13へ渡され交流出力制御に使用される。

【0089】このように、並列運転状態にある発電中のプラントは、全てマスタープラントから送信される交流出力電圧制御定数%Fを用い、交流出力制御を行うため、同一出力電圧の交流が出力される。なお、該当プラントが発電中ではない場合は交流電圧制御定数(EXT_%F)を0に初期化する(S28)。

【0090】図8は本発明の第2実施例を示す燃料電池発電プラントの並列運転装置に備える負荷分担制御装置15を示す内部構成図である。

【0091】この負荷分担制御装置15は、計算部31とマスタープラント決定部32と負荷分担量決定部33とからなり、それぞれ共通メモリ20にデータ伝送路7によって接続している。

【0092】ここで、計算部31は、共通メモリ20から各プラントの運転または停止状況を取込み、予め定められたルールに従ってどのプラントを優先的にマスタープラントとするか優先度の指数で表す自プラントの優先度の指数を計算し、共通メモリ20へ保存するものである。

【0093】マスタープラント決定部32は、共通メモリ20から各プラントの優先度の指数を入力してこれらの優先度の指数の大小関係から自プラントがマスタープラントかスレーブプラントかを決定し、共通メモリ20へ保存するものである。

【0094】負荷分担量決定部33は、共通メモリ20から取込まれた特定負荷の要求量とプラント運転台数とから所定の計算に従って各プラントの負荷分担量を計算して共通メモリ20へ保存するものである。

【0095】以上の構成で、計算部31とマスタープラント決定部32の処理を示す図9を参照して説明すると、まず、計算部31によって、当該プラントが運転中か、停止中かの判断がされる(S31)。この判断で、

運転中の場合には優先度の指数を表す優先度順位番号の計算は行わない(運転中のプラントの優先度順位番号は不変)。停止中の場合には他のプラントから優先度順位番号を受け取ったかどうかを判断する(S32)。

【0096】この判断で優先度順位番号を受け取った場合は自身の優先度順位番号(PRI__0)を「受け取った優先度順位番号の最大値+1」にセットする(S33)。受け取らなかった場合には、自身の優先度順位番号(PRI__0)を「1」にセットする(S34)。この段階で、現時点での当該プラントの優先度順位番号が決定する。

【0097】次に、マスタープラント決定部32により、当該プラントの優先度順位番号(PRI__0)が全てのプラントの優先度順位番号の最小値かどうかを判断がされる(S35)。この判断で最小値の場合は、当該プラントがマスタープラントとなる(S36)。最小値でない場合は、スレーブプラントとなる(S37)。

【0098】ここで、図10に示すように3つのプラントで構成されるシステムを一例として、優先度順位番号の遷移を説明する。

【0099】まず、全プラントが停止状態にあるとすると、最初、全プラントが停止なので、優先度順位番号が全て「1」にセットされる(ステップ1)。次に、プラント1のみが運転に入った場合を考える。このとき、プラント1は自身の優先度順位番号を他の全てのプラントへ伝送する。これに伴い、プラント2、プラント3が、優先度順位番号「1」を受けて、自身の優先度順位番号「1」に「1」を加えた「2」が、プラント2およびプラント3の優先度順位番号となる(ステップ2)。

【0100】さらに、プラント2も運転に入ると、プラント3がプラント1より優先度順位番号「1」を受け取り、プラント2より優先度順位番号「2」を受け取る。従って、プラント3の優先度順位番号は受け取った優先度順位番号の最大値「2」に「1」を加えた「3」となる(ステップ3)。

【0101】以下、同じルールに従って、各々のプラントの優先度順位番号が変更される。最後に、再び全プラントが停止すると、優先度順位番号の伝送が無くなり(優先度順位番号を受けなくなり)、全プラントの優先度順位番号は「1」にリセットされる。そして、優先度順位番号の最小のプラントがシステムのマスタープラントになる。

【0102】例えば、図10において一点鎖線で囲まれた範囲では、プラント1の優先度順位番号が「1」でマスタープラントとなり、プラント2の優先度順位番号が「2」で、プラント3の優先度順位番号が「3」で、スレーブの状態となり、3台による並列運転がされている(ステップ4)。この状態からプラント1が停止すると、プラント2の負荷分担制御装置15は運転を継続しているため、プラント2による図9の判断(S31)では、NOと判断され、計算部31の処理を全てバイパスする。プラント2はマスタープラント決定部32におい

て自分のプラントのもつ優先順位番号が受信した優先順位番号の中で最小値であることを判断する。これにより、プラント 2 がマスタープラントであるための (D — MASTER) のフラグを立てる (ステップ 5)。このとき、停止状態にあるプラント 1 は計算部 31 により停止状態であると判断され、他のプラントとから優先順位番号があることから YES が選択され、新たな優先順位番号「4」をつけられる (ステップ 6)。さらに、プラント 2 が停止したとすると、プラント 2 の優先順位番号は、ステップ 4 でプラント 3 から入力した「3」に「1」を加えられ「4」となる (ステップ 7)。そして、全てのプラントが停止すると優先順位番号が「1」となる。

【0103】なお、図示太枠がマスタープラントを示している。

【0104】このように、第 2 実施例によれば、複数台のプラントが順次起動された場合には、起動された順に優先順位番号をそれぞれのプラントが持つことになり、これにより、マスタープラントを決めることができる。また、並列運転中のマスタープラントが停止した場合には運転中の他のプラントからマスタープラントを瞬時に決定することによりスムーズなマスタースレーブ切換えを行うことができる。

【0105】図 11 は、本発明の第 3 実施例を示す燃料電池発電プラントの並列運転装置に備える同期信号切換装置と電気制御装置とを示す構成図である。

【0106】同期信号切換装置 16 は、同期信号バイパス b 接点 40、同期信号入力 a 接点 41、同期信号出力 a 接点 42 とこれらを開閉する同期信号切換リレー 43 により構成される。また、電気制御装置 13 は、電気制

御装置監視器 44 と同期信号処理装置 45 とから構成される。

【0107】ここで、同期信号バイパス b 接点 40 は、同期信号切換リレー 43 が励磁されているとき開となり、非励磁のとき閉となり、同期信号バイパスルート 50 のラインを形成する。同期信号入力 a 接点 41、同期信号出力 a 接点 42 とは、同期信号切換リレー 43 が励磁されているとき閉となり、同期信号入力ルート 48 と同期信号出力ルート 49 のラインを形成する。同期信号切換リレー 43 は、電気制御装置 13 が正常のとき励磁され、異常時若しくは停止中に非励磁となる。

【0108】電気制御装置監視器 44 は、自プラントが停止若しくは異常時に同期信号が同期信号処理装置 45 をバイパスするように同期信号切換リレー 43 を非励磁とする。同期信号処理装置 45 は、共通メモリ 20 を参照して自プラントがマスタープラントのとき同期信号を出力する。一方、自プラントがスレーブプラントのとき他プラントのマスタープラントから同期信号を一旦取込みバイパス出力する。

【0109】以上の構成で、同期信号切換リレー 43 は

電気制御装置 13 内の電気制御装置監視器 44 に接続され正常時に励磁され、プラント停止時若しくは異常時に無励磁とされる。これにより、正常時には、電気制御装置監視器 44 により同期信号切換リレー 43 が励磁され、同期信号バイパス b 接点 40 が開、同期信号入力 a 接点 41 と同期信号出力 a 接点 42 が閉になる。従って、同期信号処理装置 45 の同期信号入力部 46 と同期信号出力部 47 へ接続する同期信号入力ルート 48、同期信号出力ルート 49 からなる閉ループラインが形成される。この閉ループは、その燃料電池プラント 1 が正常な場合、若しくは後から立ち上がってきた正常な燃料電池プラントの同期信号入出力ルートとなる。

【0110】一方、電気制御装置 13 が異常時には電気制御装置監視器 44 により同期信号切換リレー 43 が無励磁とされ、同期信号バイパス b 接点 40 が閉、同期信号入力 a 接点 41 と同期信号出力 a 接点 42 が開とされる。この結果、同期信号バイパスルート 50 によるラインが形成される。従って、そのプラントが異常な場合に同期信号をそのまま次のプラントへバイパスさせることができる。

【0111】次に、マスタープラント 1 台とスレーブプラント 2 台を含む合計 3 台の燃料電池プラント 1 がある場合に、最初に起動し、マスターとなったプラントは電気制御装置 13 内にある同期信号処理装置 45 の同期信号出力部 47 より同期信号を同期信号出力ルート 49 を通って送信する。

【0112】マスタープラントより出力された同期信号は同期信号伝送路 8 を通って次のスレーブプラント #1 へ送信される (図示中段)。このプラントが停止中若しくは異常であれば、電気制御装置監視器 44 に接続された同期信号切換リレー 43 は無励磁のため、同期信号バイパスルート 50 を通って同期信号は次のスレーブプラント #2 へバイパスされる (図示下段)。

【0113】スレーブプラント #1 が正常若しくは後から立ち上がってきても正常であれば電気制御装置監視器 44 に接続された同期信号切換リレー 43 は励磁されている。従って、マスタープラントより送信されてきた同期信号は同期信号入力ルート 48 を通って同期信号処理装置 45 の同期信号入力部 46 へ入力される。この同期信号によりスレーブプラント #1 は交流出力位相制御を行い、マスタープラントと同期のとれた交流出力を発生することができる。

【0114】また、同期信号入力部 46 へ入力されたマスタープラントの同期信号は同期信号処理装置 45 より打ち返されて同期信号出力部 47 より同期信号出力ルート 49 を通って次のスレーブプラント #1 と同じく、送信されてきた同期信号により交流出力制御を行いマスタープラントと同期のとれた交流出力を発生する。

【0115】次に、スレーブプラントとマスタープラントの電気制御装置 13 における交流出力同期方法について

て図12を参照して説明する。

【0116】同期信号処理装置45内の同期信号切換接点51は、そのプラントがマスターである場合には基準信号発生器52側へ切替えられる。これによって、外部より入力される同期信号を遮断し自己発振器による出力制御を行う。マスターでない場合は、同期信号入力部46側へ切換えられ、同期信号を取込む。

【0117】まず、マスタープラントの場合、同期信号処理装置45内の同期信号切換接点51が基準信号発生器52側へ切替えられる。この切替えにより基準信号発生器52より発振された位相信号がPLL回路53の位相比較器54内の同期信号出力部47へ送信される。一方、そのまま同期信号として同期信号出力ルート49を経てスレーブプラントへ送信される。PLL回路53内の位相比較器54へ入力された同期信号は、電圧制御発信器55よりフィードバックされた位相により交流出力の位相制御を行う。すなわち、外部から自プラントの交流出力波形をPLL回路53へ取込み同期信号と交流出力波形とが同期されているか位相比較器54で比較され図示省略する手段で位相制御がされる。

【0118】また、スレーブプラントの場合は、同期信号処理装置45内の同期信号切換接点51が同期信号入力側へ切替えられる。この切替えにより、同期信号入力ルート48より受信される同期信号を入力する。この同期信号はPLL回路53内の位相比較器54と同期信号処理装置45内の同期信号出力部47へ送信される。前者の同期信号は位相信号として先のマスタープラントと同様に交流出力の位相制御に使用される。後者の同期信号はそのまま同期信号として同期信号出力ルート49を経て次のスレーブプラントへ送信される。

【0119】以上の同期信号送受信方法により停止中のプラント若しくは異常プラントをバイパスし、各プラントから出力される交流波形の同期をとることができる。

【0120】図13は、本発明の第4実施例を示す燃料電池発電プラントの並列運転装置に備える電気制御装置の構成図である。

【0121】図中、電気制御装置13は、同期信号入力部34と有効電力位相制御部35と電圧制御部36と無効電力制御部37とPWM波生成部38とから構成されている。

【0122】ここで、同期信号入力部34は、共通メモリ20から各データを取込み自プラントがマスタープラントのとき同期信号処理装置45から同期信号を取込みまたは自プラントがスレーブプラントのとき同期信号切換装置16を介して同期信号を取込むものである。

【0123】有効電力位相制御部35は、同期信号に同期し、直交変換器10から出力される有効電力量が負荷分担量となるように位相制御信号を出力するものである。

【0124】電圧制御部36は、自プラントがマスター

プラントのとき、自プラントの目標値となるように直交変換器10からの電圧を制御するもので、スレーブプラントのときマスタープラントの目標値となるように直交変換器10からの電圧を制御するものである。

【0125】無効電力制御部37は、直交変換器10から出力される無効電力量が無効電力負担量となるように交流出力部4に備える直流昇圧部11の直流出力電圧を増減させるものである。

【0126】PWM波生成部38は、有効電力位相制御部35からの位相制御信号と電圧制御部36から電圧信号とを入力してPWM波形を生成して直交変換器10へ出力するものである。

【0127】次に、図13に示す電気制御装置13の作用について図14を参照しながら説明する。

【0128】図14は、FC#1とFC#2という2つのプラントが並列運転される状態の制御ブロック図を示している。ここでは、FC#1をマスタープラント、FC#2をスレーブプラントとし、FC#1、FC#2プラントに要求される有効電力量と無効電力量は、図4により説明したように負荷分担制御装置15内のP、Q計算処理によりそれぞれ算出される。

【0129】次に、算出されたFC#1の有効電力設定 P_{ave} が比較手段80により現在出力の有効電力と比較され、有効電力制御手段81により比較手段80による偏差信号に見合う位相の操作量が算出される。なお、有効電力制御手段81は位相操作量の過大を抑制するため上下限值を持たせ、その操作量に制限を加えている。

【0130】一方、FC#1はマスタープラントであるために出力の位相は、自分自身が持つクロックから算出される位相により出力される。従って、内部クロックから生成される基準位相 θ_{ref1} が同期信号伝送路8を経由して他のFC#2プラントへ同期信号として渡される。FC#1の位相の操作量は θ_{ref1} と上記有効電力制御手段81により算出された位相操作量とを加算手段82により加算されて算出される。

【0131】また、FC#1はマスタープラントであるため位相と同様に出力電圧も内部で持つ出力電力目標値に合わせ出力する。電気制御装置13の内部にもつ出力電圧目標値 v_{i1} と現在出力中の電圧の間で比較手段90により偏差が算出され、%F算出手段89によりこの偏差に見合う交流出力電圧制御定数%Fが算出される。そして、交流出力電圧制御定数%Fがデータ伝送路7を経由してFC#2に渡される。

【0132】FC#1内で加算手段82により加算された位相操作量と%F算出手段89より算出された交流出力電圧制御定数%Fがそれぞれ位相制御手段83と電圧制御手段85へ渡され、前述のPWM波が生成されて直交変換器10の操作量とされる。

【0133】一方、スレーブプラントであるFC#2は、負荷分担制御装置15内P、Q計算により算出され

10

20

30

40

50

た有効電力設定 P_{ave} と現在出力中の有効電力 P_2 との偏差から有効電力制御手段 81 により偏差に見合った位相の操作量が出力される。さらに、 $FC\#1$ から入力した基準位相とが加算手段 82 により加算されて位相操作量が位相制御手段 83 へ出力される。

【0134】また、 $FC\#1$ からデータ伝送路 7 経由で渡された交流出力電圧制御定数 $\%F$ から電圧操作量が得られる。これら位相操作量と交流出力電圧制御定数 $\%F$ により位相制御手段 83、電圧制御手段 85 にて PWM 波が生成され、直交変換器 10 に対する操作量となる。従って、 $FC\#1$ と $FC\#2$ の PWM 波は同じ交流出力電圧制御定数 $\%F$ と同じ基準位相により生成される。これにより、 $FC\#1$ 、 $FC\#2$ 共に要求されている有効電力の制御が行われる。但し、有効電力制御手段 81 により算出される位相操作量の分だけ違うことになる。この位相操作量は有効電力を操作する過渡時に生じるものである。

【0135】次に、無効電力の制御をする場合、負荷分担制御装置 15 内の P 、 Q 計算により算出された無効電力要求値 Q_{ave} が比較手段 88 により現在の無効電力出力 Q_1 と比較され無効電力制御手段 92 により直流昇圧部 11 の電圧操作量が算出される。この無効電力制御手段 92 はその出力である電圧操作量に対し制限を加えている。

【0136】この電圧操作量が直流昇圧部 11 の基準電圧 v_B/R と加算手段 93 により加算され、直流昇圧部 11 の電圧目標値が得られる。この電圧目標値と現在の電圧値の偏差が比較手段 87 に算出され、その出力に応じて直流昇圧部 11 に対する操作量が昇圧器電圧制御手段 86 により生成される。

【0137】これにより、無効電力制御が直交変換器 10 の電圧を操作するのではなく直流昇圧部 11 の電圧を操作することにより実現される。つまり、直交変換器 10 の電圧を操作する代わりに直流昇圧部 11 の電圧を操作することにより、直交変換器 10 への入力電圧を変化させる。

【0138】次に、マスタープラントである $FC\#1$ が何らかの理由により停止した場合、マスターフラグが $FC\#2$ 内の共通メモリ 20 に書き込まれる。 $FC\#2$ 内の電気制御装置 13 では自己がマスタープラントとなったことを認識する。これにより、切換手段 94 が切換わり、自己の $\%F$ 算出手段 89 により算出された交流出力電圧制御定数 $\%F$ が電圧制御手段 85 から出力され PWM 波が生成される。さらに、この交流出力電圧制御定数 $\%F$ が電圧制御手段 85 から出力され、電圧制御手段 85 でデータ伝送路 7 へ送出される。

【0139】また、切換手段 95 では、自己のプラントがマスタープラントと認識されると、同期信号伝送路 8 からの矩形波ではなく、電気制御装置 13 内の基準位相 Θ_{ref2} が用いられ、加算手段 82 により有効電力制

御手段 81 からの位相操作量が加算され位相制御手段 83 により生成される信号によって PWM 波が作成される。また、この基準位相 Θ_{ref2} は同期信号伝送路 8 へ送り出される。

【0140】図 15 は、本発明の第 5 実施例を示す燃料電池発電プラントの並列運転装置の構成図である。

【0141】燃料電池プラント 1 は、直流発電部 2 と制御装置 3 と交流出力部 4 とで構成され、制御装置 3 は、電気制御装置 13 とプロセス制御装置 14 からなっている。また、直流発電部 2 からの直流出力 100 は直流電流検出器 102 により検出されプロセス制御装置 14 へ入力される。電気制御装置 13 からのプロセス制御信号 104 により直流発電部 2 が制御するように構成されている。

【0142】図 16 は、第 5 実施例を適用する燃料電池プラントの系統図を示し、図 17 は、第 5 実施例を示すプロセス制御装置の具体的構成図である。

【0143】まず、第 5 実施例は、図 16 に示すように、燃料供給系統の燃料制御弁 110 の出口側に燃料流量検出器 122 を配置し、蒸気エジェクタ 112 に蒸気エジェクタ開度検出器 123 を配置し、さらに、改質器 113 に改質器温度検出器 124 を配置している。また、空気供給系統では燃焼器 115 の入口側にバーナ空気制御弁 116 とバーナ空気流量検出器 125 を配置し、燃料電池 12 の空気極 12B の入口側にプロセス空気制御弁 117 と開度検出器 126 とを配している。

【0144】さらに、電池冷却水系統では、電池冷却水ヒータ 118 の入口側に電池冷却水温度検出器 127 を配置している。

【0145】上記のように説明した各検出器は、図 17 に示すプロセス制御装置 14 に設ける燃料流量制御部 71 と蒸気エジェクタ制御部 72 とバーナ空気流量制御部 73 とプロセス空気流量制御部 74 と電池冷却水温度制御部 75 とへそれぞれ入力され制御される。

【0146】燃料流量制御部 71 では、直流電流検出器 102 により検出された直流電流信号が関数部 71a へ入力され、改質器 113 の目標温度に変換される。この目標温度と改質器温度検出器 124 により検出された検出量との偏差が偏差演算部 71c で計算される。そして、乗算部 71d において、偏差演算部 71c で得られた偏差信号と直流電流検出器 102 の直流電流信号とが乗算される。

【0147】この得られた信号が燃料流量制御部 71 における燃料流量の目標値となる。この目標値と燃料流量検出器 122 により検出される観測量との偏差が偏差演算部 71e において計算される。制御演算部 71f では、この偏差に基づいて制御量を計算され、得られる制御量により燃料制御弁 110 が開閉される。燃料制御弁 110 が開閉されることにより燃料流量が制御される。この制御により、直流出力 100 電流が増加すれば、改

10

20

30

40

50

質器 113 へ供給される水素量が所定の関数に応じて先行的に増加され、逆に直流出力 100 の電流が減少すれば、供給される水素量が減少される。

【0148】蒸気エジェクタ制御部 72 では、燃料流量制御部 71 における燃料流量の目標値が関数部 72a へ入力され、蒸気エジェクタ 112 の開度の目標値に変換される。偏差演算部 72b では、この目標値と蒸気エジェクタ開度検出器 123 により検出された検出量との偏差が計算される。制御演算部 72c では、前記偏差が演算されて制御量により、蒸気エジェクタ 112 の開閉制

御が行われる。

【0149】この制御により、直流出力 100 の電流が増加すると、改質器 113 へ供給される水素量が増加すると共に、蒸気量も増加して、両者の混合比を維持する。

【0150】バーナ空気流量制御部 73 では、直流電流検出器 102 により検出された直流電流が関数部 73a へ入力され、バーナ空気流量に変換される。この目標値とバーナ空気流量検出器 125 により検出される検出値との偏差が偏差演算部 73b で計算される。この偏差が制御演算部 73c により制御演算され、バーナ空気制御弁 116 の制御量が計算される。この制御量によりバーナ空気制御弁 116 が開閉され、バーナ空気流量が制御される。この制御により、直流出力 100 の電流が増加すると、バーナ空気流量が直流出力 100 の増加に応じてバーナ空気流量が増加される。

【0151】プロセス空気流量制御部 74 では、直流電流検出器 102 により検出された直流電流が関数部 74a へ入力され、プロセス空気制御弁開度の目標値に変換される。この目標値とプロセス空気制御弁開度検出器 126 により検出される検出量との偏差が偏差演算部 74b より計算される。この偏差が制御演算部 74c により制御演算され制御量が計算され、プロセス空気制御弁 117 の開閉制御が行われる。この制御により直流出力 100 の増加に応じて空気流量が増加される。

【0152】電池冷却水温度制御部 75 では、直流電流検出器 102 により検出された直流電流が関数部 75a へ入力され、電池冷却水の温度の目標値に変換される。この目標値と電池冷却水温度検出器 127 により検出される検出量との偏差が偏差演算部 75b により計算される。

【0153】制御演算部 75c1 では、前記偏差から電池冷却水温度制御弁 120 に対する制御量が計算され、開閉制御が行われる。また、制御演算部 75c2 では、前記偏差から電池冷却水ヒータ 118 に対する制御量が計算され、ON/OFF 制御が行われる。この電池冷却水ヒータ 118 の ON/OFF 制御と電池冷却水温度制御弁 120 の開閉制御により、電池冷却水の温度が調節される。これによって、直流出力 100 が増加してで電池冷却水温度が上昇すれば電池冷却水を降下させるよう

に制御される。

【0154】以上説明した図 17 に示すプロセス制御装置 14 の作用を図 16 に示すプラントの系統図を参照して説明すると、燃料流量制御部 71 と蒸気エジェクタ制御部 72 とによって燃料制御弁 110 と蒸気エジェクタ 112 が制御され、天然ガス等の燃料が燃料制御弁 110 により流量が制御され、この燃料が水蒸気分離器 111 から取り出される水蒸気と蒸気エジェクタ 112 で混合され、改質器 113 に入り触媒の下で加熱されて水素含有率の高い改質燃料になる。

【0155】この改質燃料が変成器 114 により一酸化炭素が除去された後に、燃料電池 12 の燃料極 12A へ流入し、ここで電気エネルギーとして一部が消費される。この改質燃料の残りは前述改質器 113 の加熱燃料ガスとして、燃焼器 115 でバーナ空気流量制御部 73 による制御でバーナ空気制御弁 116 の開度増減によって流量が制御される空気と共に燃焼される。

【0156】燃料電池 12 の空気極 12B には、プロセス空気流量制御部 74 によってプロセス空気制御弁 117 が開閉され、流量制御されて空気が供給される。燃料電池 12 では、この空気極 12B に供給される空気内の酸素と前述の燃料極 12A に供給される改質燃料の水素との触媒反応によって電気エネルギーである直流出力 100 を発生させる。このとき、燃料極 12A が負極、空気極 12B が正極となる。

【0157】また、電池の温度を一定に保つためと、前述の蒸気エジェクタ 112 へ水蒸気を供給するために、電池冷却水温度制御部 75 によって電池冷却水の温度を電池冷却水ヒータ 118 と熱交換器 119 へのバイパス弁である電池冷却水温度制御弁 120 の開度により調節する。

【0158】これらの制御が直流出力 100 の増減に応じて燃料電池 12 の燃料極 12A に供給される改質燃料中の水素量と空気極 12B に供給される空気中の酸素量により変化させる。

【0159】この場合、改質燃料中の水素量を調節するためには、直流出力 100 に応じて燃料制御弁 110 によって制御される燃料流量と、蒸気エジェクタ 112 によって制御される蒸気と燃料の混合比と、この蒸気エジェクタ 112 に供給される水蒸気を制御するために、電池冷却水温度制御弁 120 および電池冷却水ヒータ 118 によって制御される電池冷却水の温度と、バーナ空気制御弁 116 によって制御される改質器 113 を加熱するための燃焼器に供給される空気量を制御する。

【0160】一方、前述の空気極に供給される空気中の酸素量は、直流出力 100 に応じてプロセス空気制御弁 117 によって制御される。これらの制御目標値を前述の直流電流から求めることにより、交流出力 101 が変化したとき生ずる直流電流の変化に直流出力 100 を追従させることができる。

10

20

30

40

50

【0161】

【発明の効果】以上説明したように請求項1の発明によれば、複数の並列運転中の各プラントでは、直交変換器から同形状のPWMパターンに基づいた交流が出力されるように制御がされ、特定負荷の電力需要に見合って各プラントが負荷分担がされる。PWMパターンを同形にすることができるから有効電力、無効電力、出力電圧が各プラント共に同じで並列運転中の横流を防止することができる。また、並列運転中のあるプラントが故障等で停止しても、残りのプラントの各々負荷分担を変更することができ、並列運転中に後から運転するプラントを増加させることもできる。従って、特定負荷に対して1台の専用プラントを製造する必要がなく、複数の汎用の量産化されたプラントを用いて電力需要に答えることができ経済的な運用ができる。

【0162】請求項2の発明によれば、並列運転中にマスタープラントが故障して停止するとき、各プラントの優先度の指数から次のマスタープラントとなるプラントが直ちに決定され、円滑な並列運転ができ、特定負荷の電力需要の増減や運転中プラントが故障で停止するとき、さらに、停止中のプラントが運転を再開するとき、負荷分担量が計算され、これに基づいて各プラントの電力が出力される。従って、並列運転中の特定負荷の電力需要に安定、かつ、確実に追従することができる。

【0163】請求項3の発明によれば、マスタープラントで生成される同期信号が同期信号伝送路を介してスレーブプラントへ伝送され、異常または停止中のプラントのときにはバイパスされ、途中に正常復帰または運転が再開されたとき、バイパスしないで同期信号がスレーブプラントへ取込まれるようにしたために並列運転中にプラントが異常となったり、停止したり、運転が再開しても何ら特定負荷に影響を与えることなく各プラントが同期された電力を供給することができる。

【0164】請求項4の発明によれば、有効電力位相制御部により同期信号に同期し直交変換器から出力される有効電力量が負荷分担量となるように位相制御信号が出力され、電圧制御部により交流変換生成からの電圧がマスタープラントの目標値となるように電圧信号が出力され、無効電力制御部により直交変換器から出力される無効電力が無効電力分担量となるように直流昇圧部の直流出力電圧が制御される。さらに、位相制御信号と電圧信号とからPWM波形が生成される。これにより、各プラントのPWM波が同パターンとなり、各プラント間に横流が発生することがなく、特定負荷に対して歪みの少ない波形の電力を供給できる。

【0165】請求項5の発明によれば、直流発電部が出力する直流出力電流の増減に応じて先行的にプラント内の各プロセス量を増減させて各プロセス量が追従される。これにより、並列運転では、負荷分担が変化し易く直交変換器からの交流出力が変化して直流発電部の直流

出力電流が変動するがこれに追従して各プロセス量に変化する。従って、燃料電池に加わる負担が軽減されプラント全体が常に安定する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例を示す燃料電池発電プラントの並列運転装置の構成図である。

【図2】図1に備える負荷分担制御装置の状態遷移を示す説明図である。

【図3】図1の負荷分担制御装置の処理手順を示す第1のフローチャートである。

【図4】図1の負荷分担制御装置の処理手順を示す第2のフローチャートである。

【図5】図1の負荷分担制御装置に備えるメモリ内容を示す説明図である。

【図6】図1の電気制御装置により生成された同期信号を示す説明図である。

【図7】図1の負荷分担制御装置の処理手順を示す第3のフローチャートである。

【図8】本発明の第2実施例を示す負荷分担制御装置の構成図である。

【図9】図8の計算部とマスタープラント決定部の処理手順を示すフローチャートである。

【図10】図8の優先順位番号の遷移を示す説明図である。

【図11】本発明の第3実施例を示す同期信号切換装置の構成図である。

【図12】図11に示す電気制御装置の構成図である。

【図13】本発明の第4実施例を示す燃料電池発電プラントの並列運転装置に備える電気制御装置の構成図である。

【図14】図13に示す燃料電池発電プラントの並列運転装置の制御ブロック図である。

【図15】本発明の第5実施例を示す燃料電池発電プラントの並列運転装置の構成図である。

【図16】図15の燃料電池発電プラントの並列運転装置を適用する燃料電池プラントの系統図である。

【図17】図15のプロセス制御装置を示す構成図である。

【図18】従来例を示す燃料電池発電プラントの制御装置の構成図である。

【図19】図18の電気制御装置を示す制御ブロック図である。

【図20】図18の直交変換器へ出力するPWM波の例を示す説明図である。

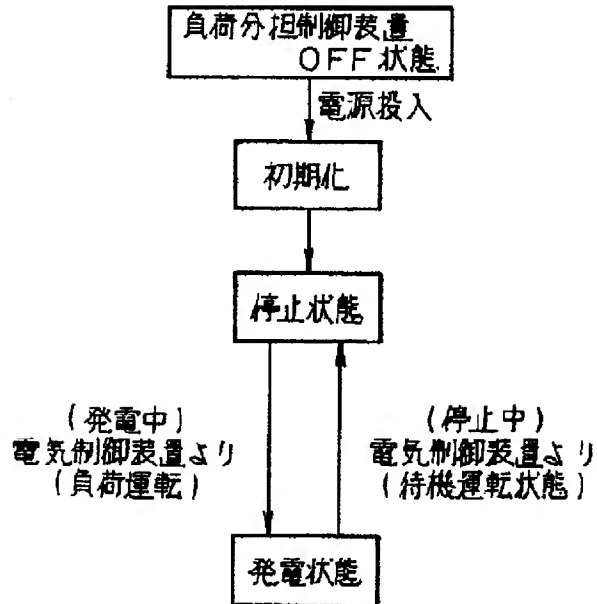
【図21】図18に示す電気制御装置の制御ブロック図である。

【符号の説明】

- 1 燃料電池プラント
- 2 直流発電部
- 3 制御装置

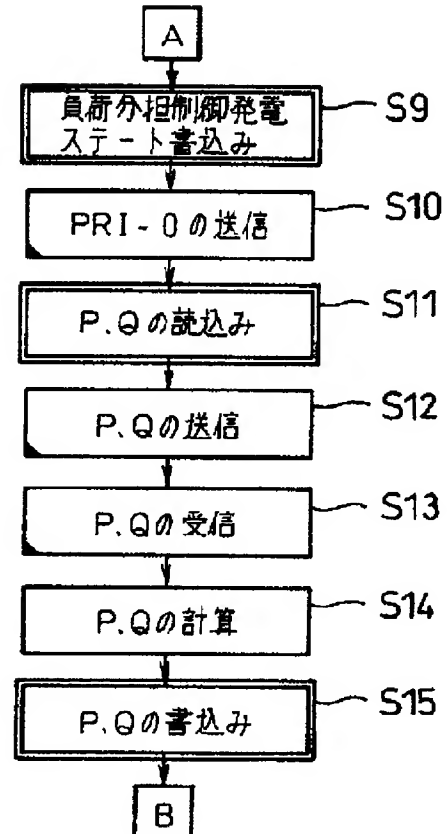
4	交流出力部
6	負荷
7	データ伝送路
8	同期信号伝送路
10	直交変換器
11	直流昇圧部
12	電池
13	電気制御装置
14	プロセス制御装置
15	負荷分担制御装置
16	同期信号切換装置
20	共通メモリ
31	計算部
32	マスタープラント決定部
33	負荷分担量決定部
44	電気制御装置監視器
45	同期信号処理装置
71	燃料流量制御部
72	蒸気エジェクタ制御部
73	バーナ空気流量制御部
74	プロセス空気流量制御部

【図 2】

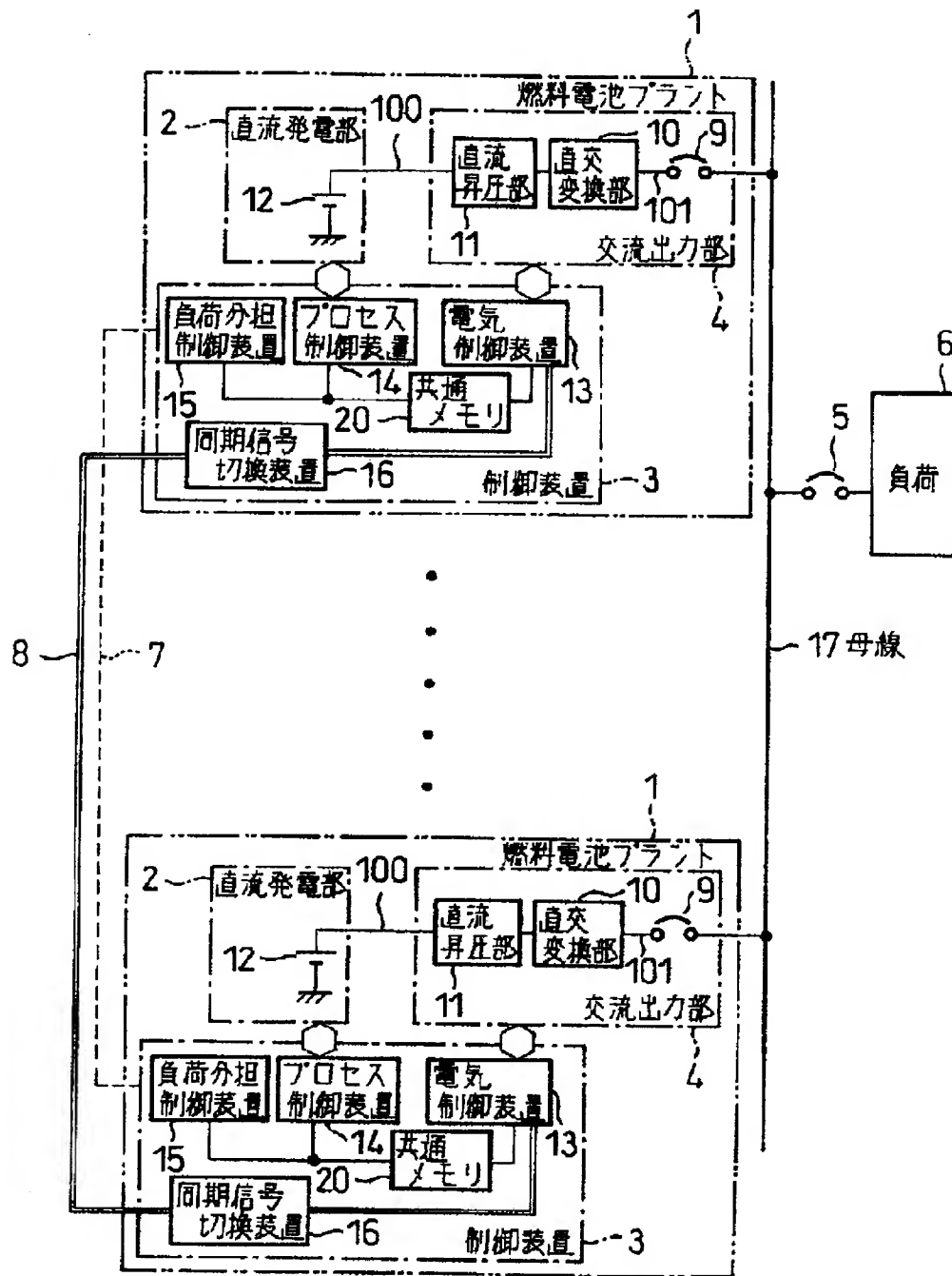


* 7 5	電池冷却水温度制御部
8 1	有効電力制御手段
8 3	位相制御手段
8 4	無効電力制御手段
8 5	電圧制御手段
8 6	昇圧器電圧制御手段
8 9	% F 算出手段
9 2	無効電力制御手段
10 2	直流電流検出器
10 3	交流出力検出器
11 0	燃料制御弁
11 2	蒸気エジェクタ
11 6	バーナ空気制御弁
11 7	プロセス空気制御弁
12 0	電池冷却水温度制御弁
12 2	燃料流量検出器
12 3	蒸気エジェクタ開度検出器
12 4	改質器温度検出器
12 5	バーナ空気流量検出器
20 12 6	開度検出器
* 12 7	電池冷却水温度検出器

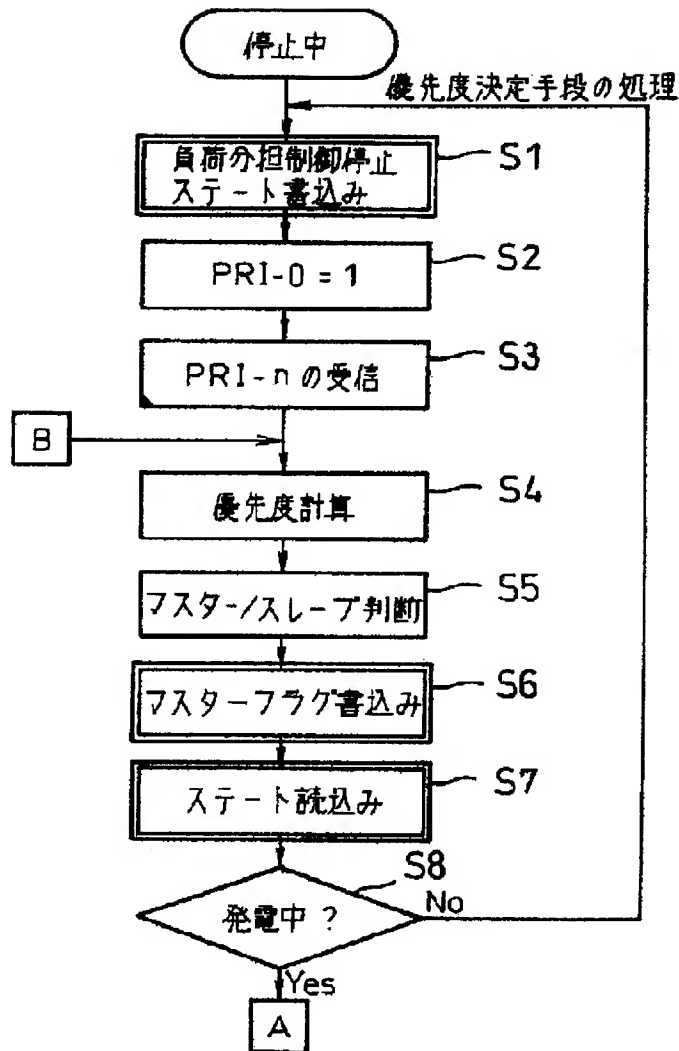
【図 4】



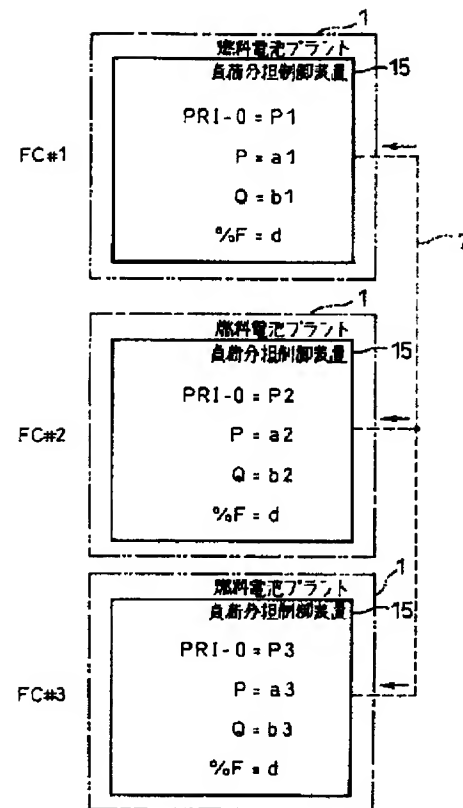
【図1】



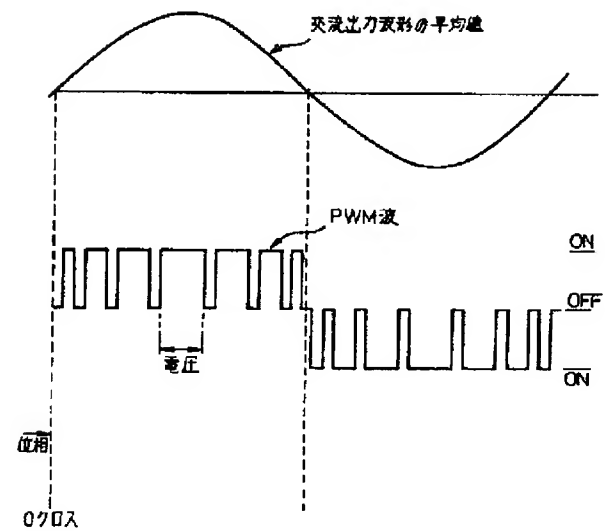
【図3】



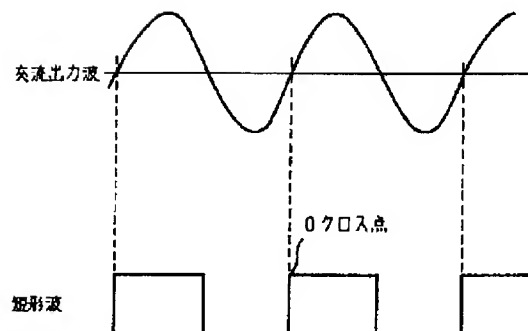
【図5】



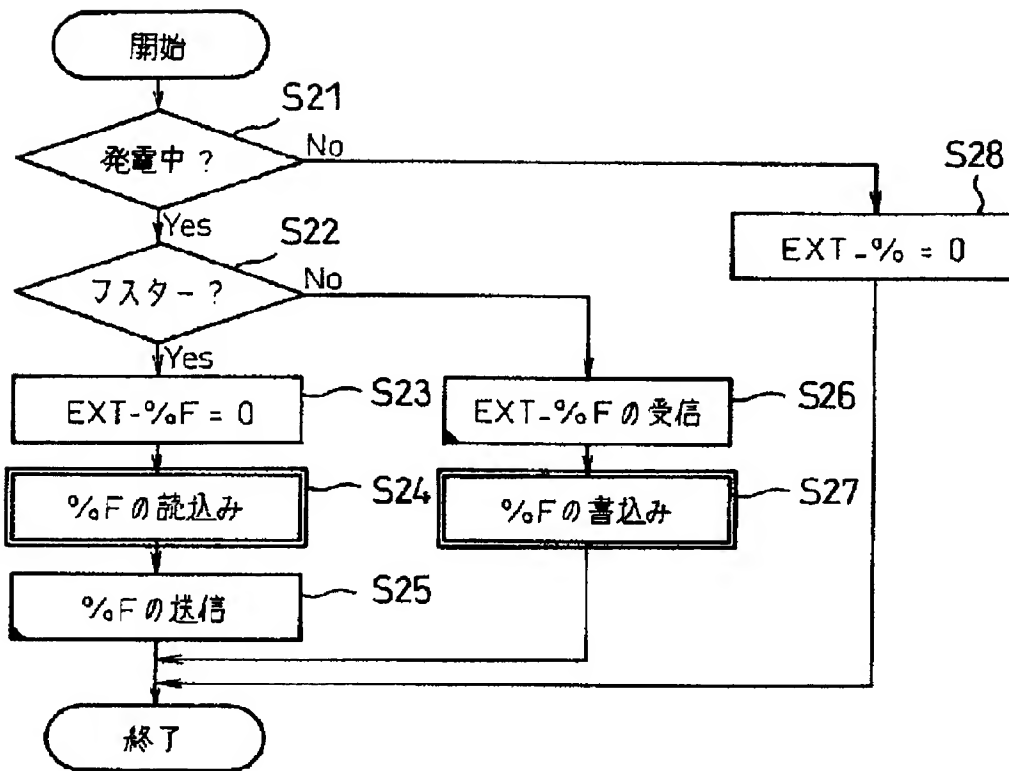
【図20】



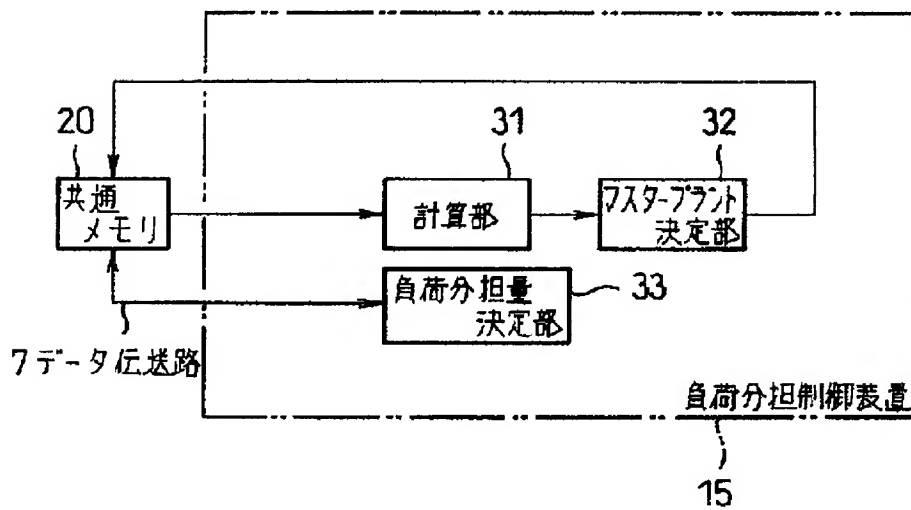
【図6】



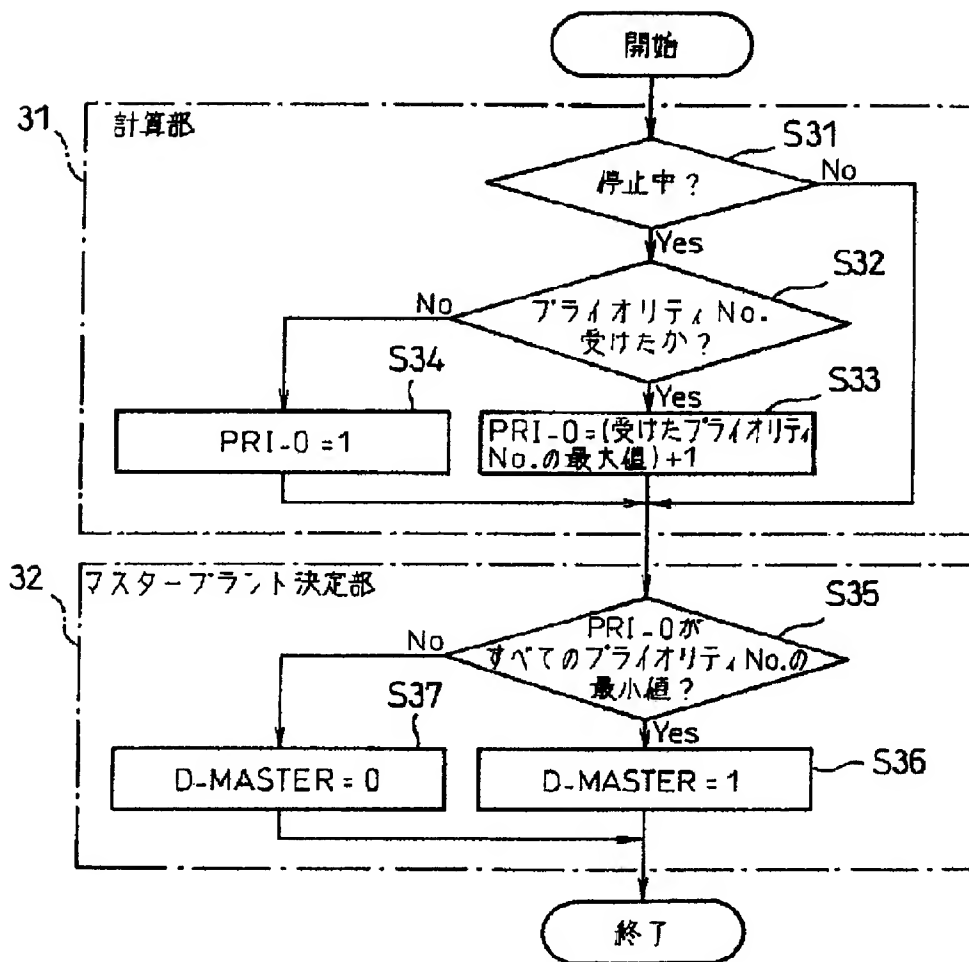
【図 7】



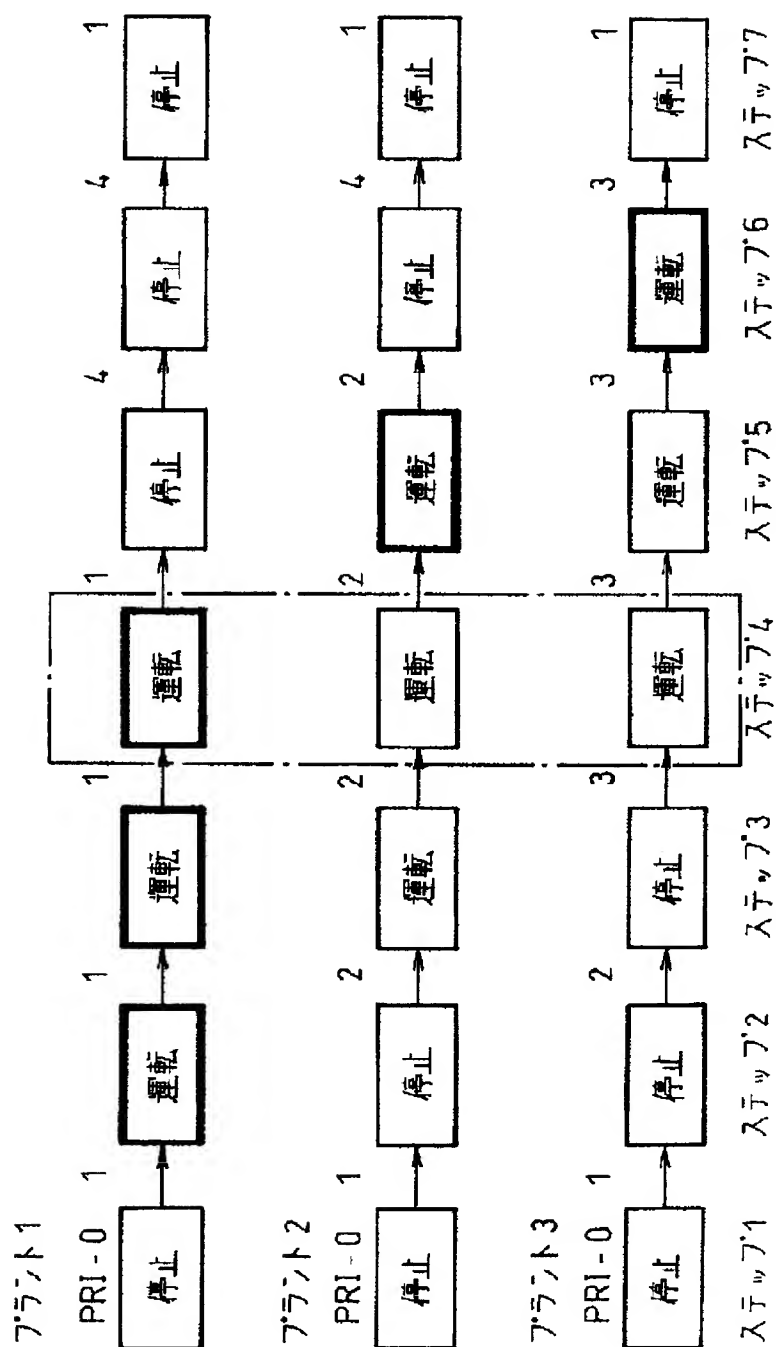
【図 8】



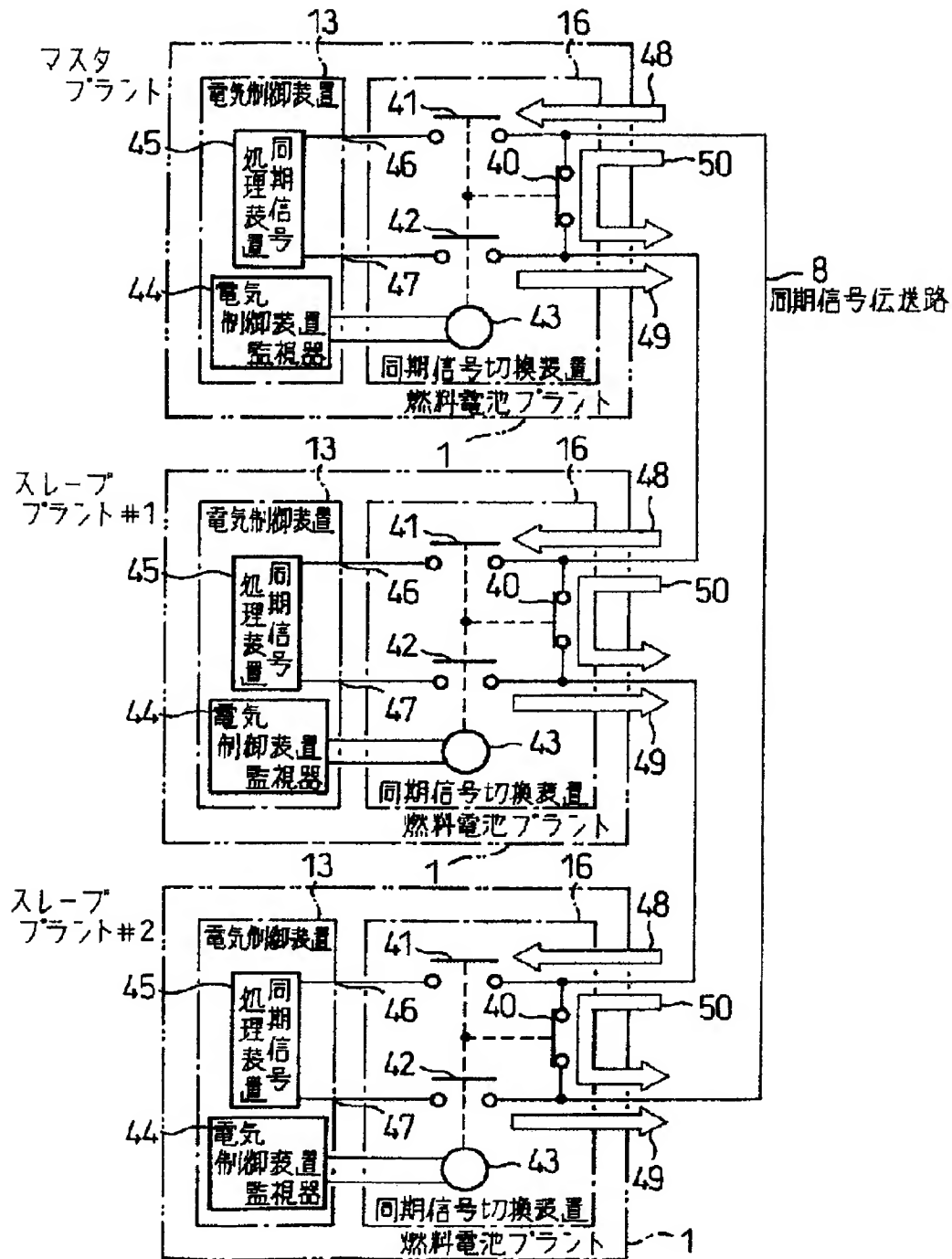
【図9】



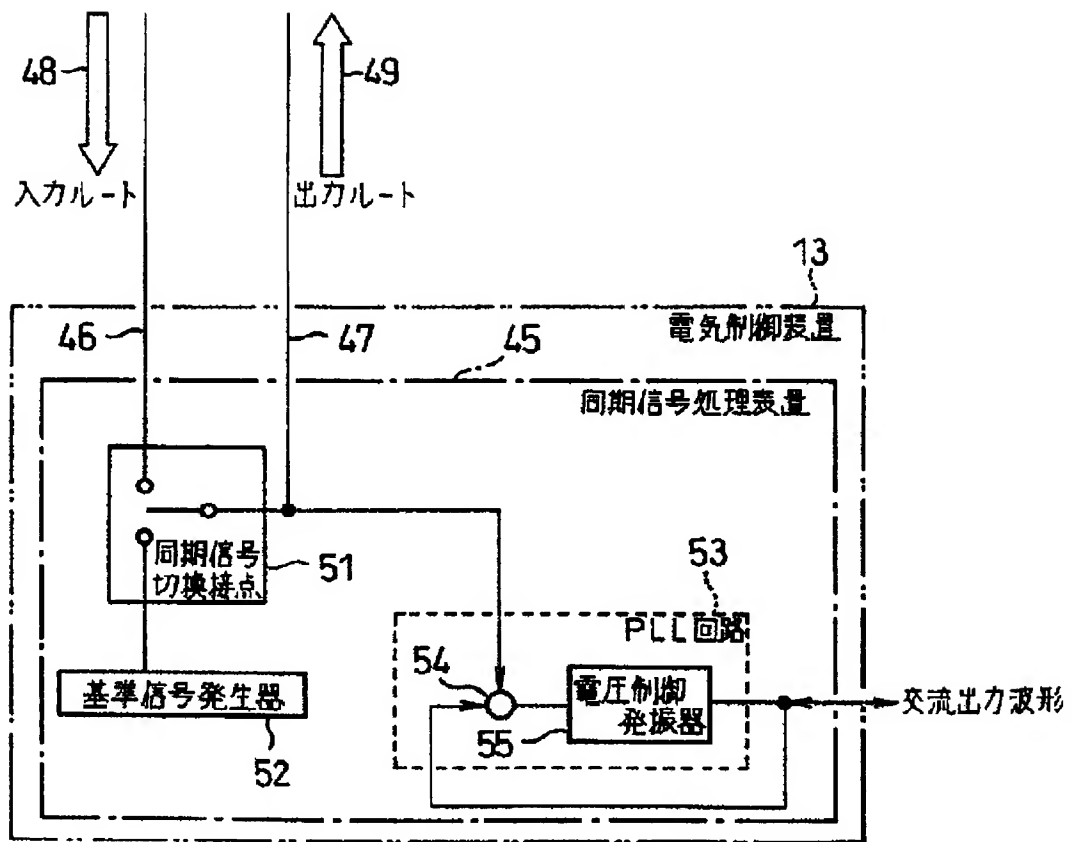
【図10】



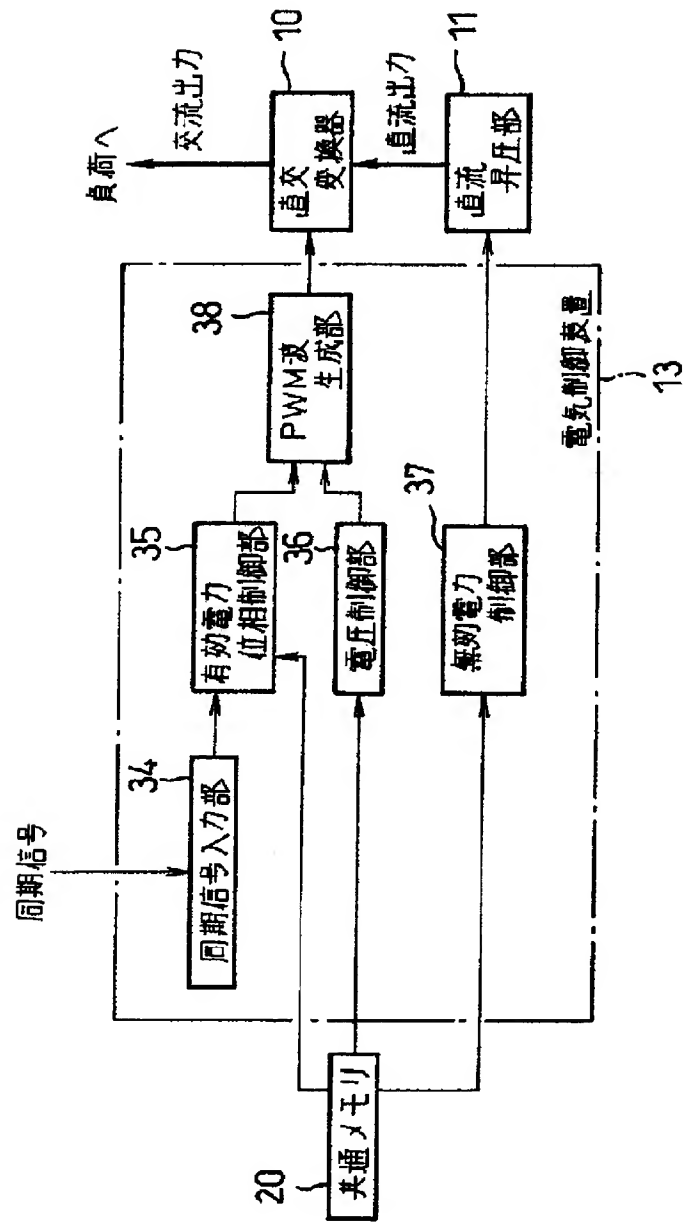
【図11】



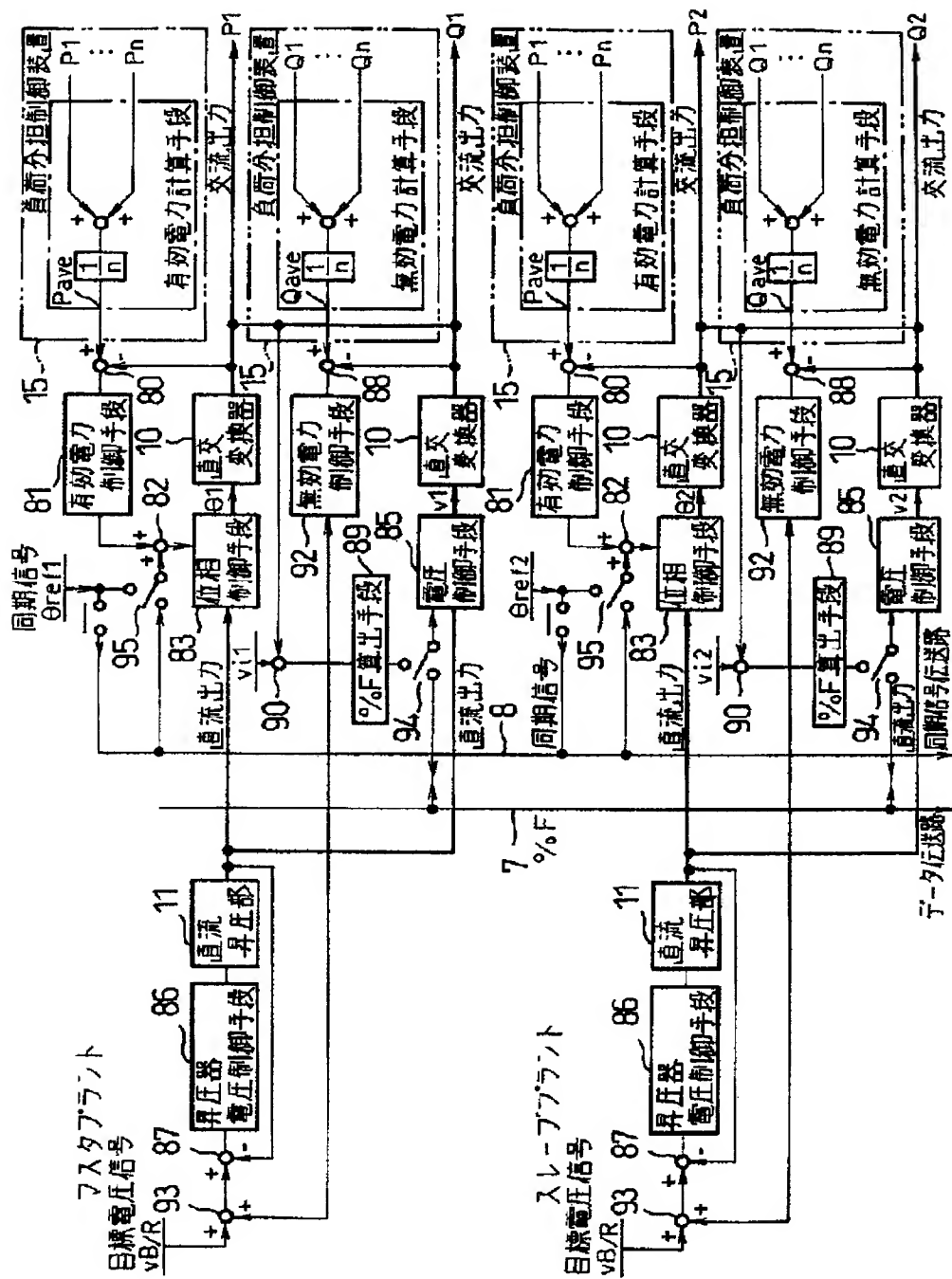
【図 1 2】



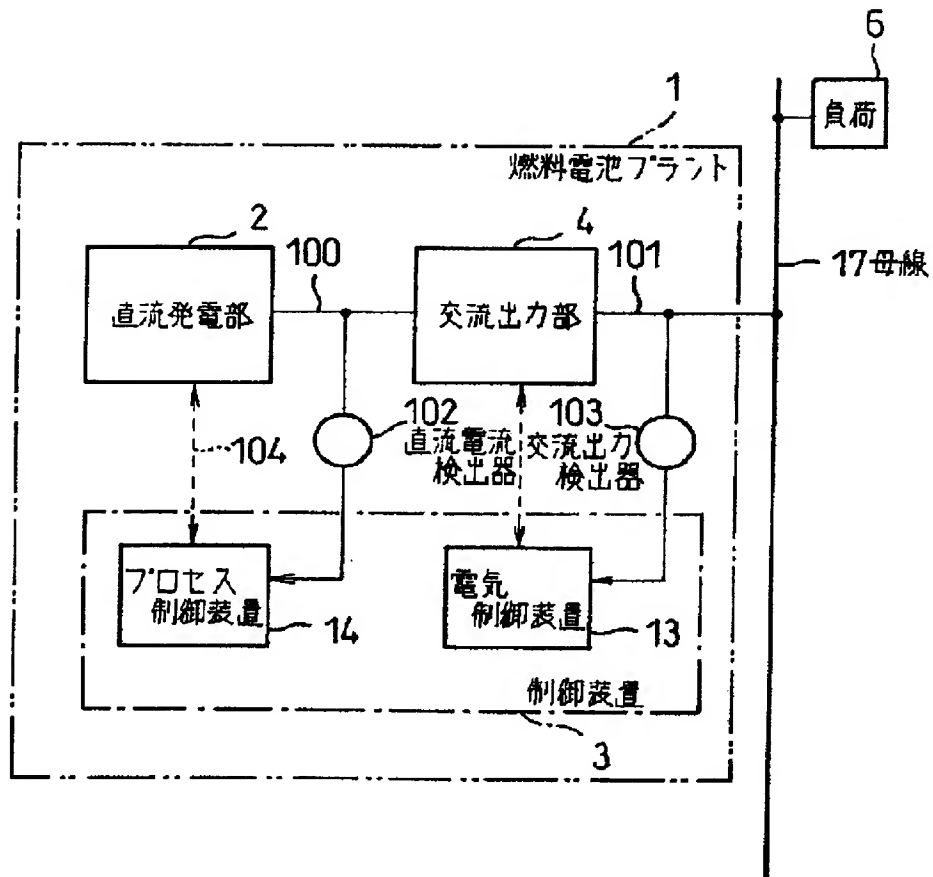
【図13】



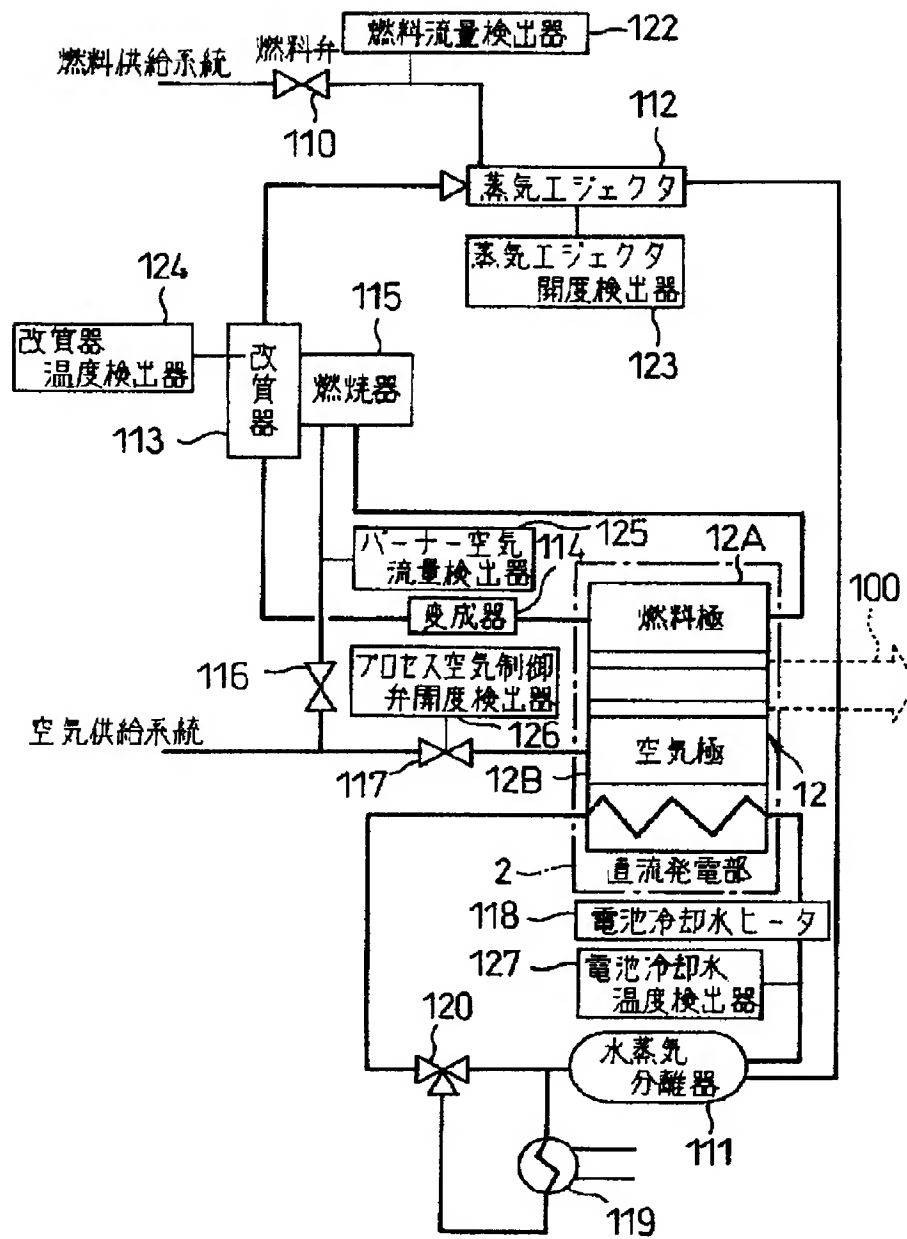
【図 14】



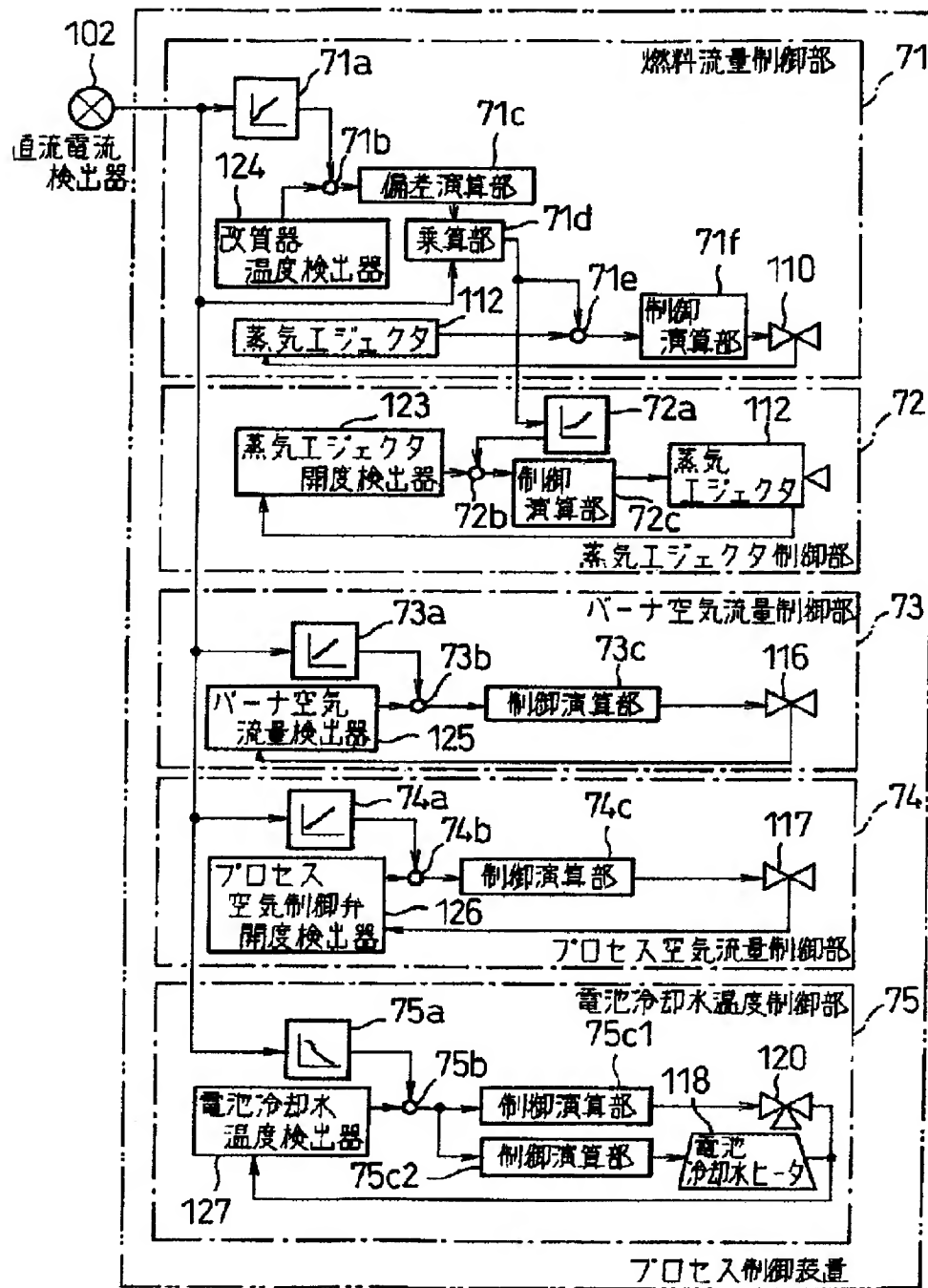
【図15】



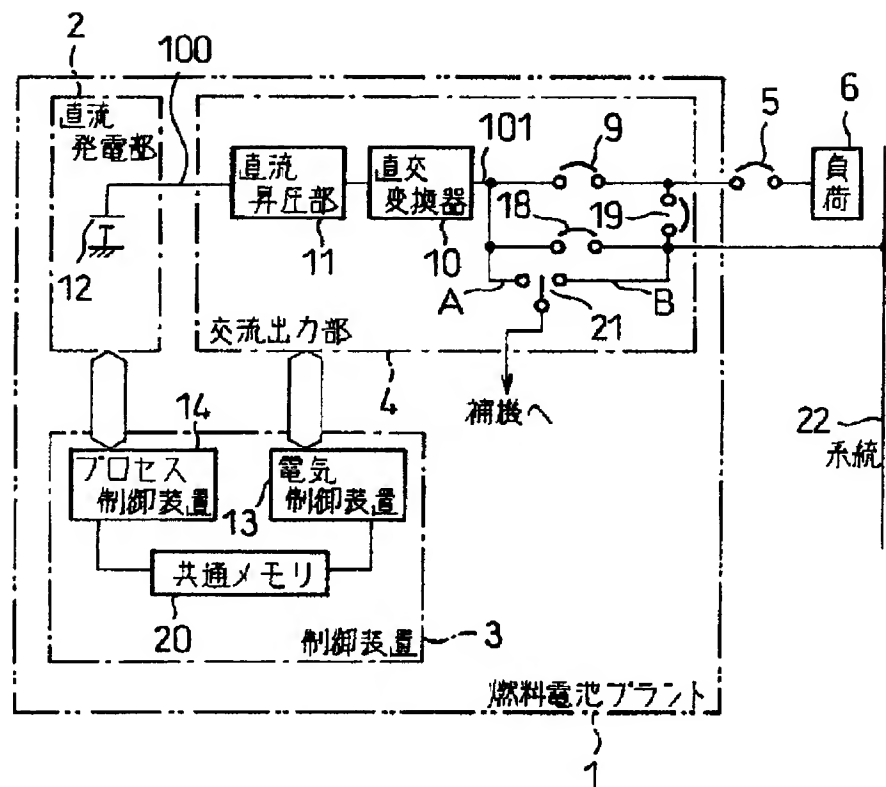
【図16】



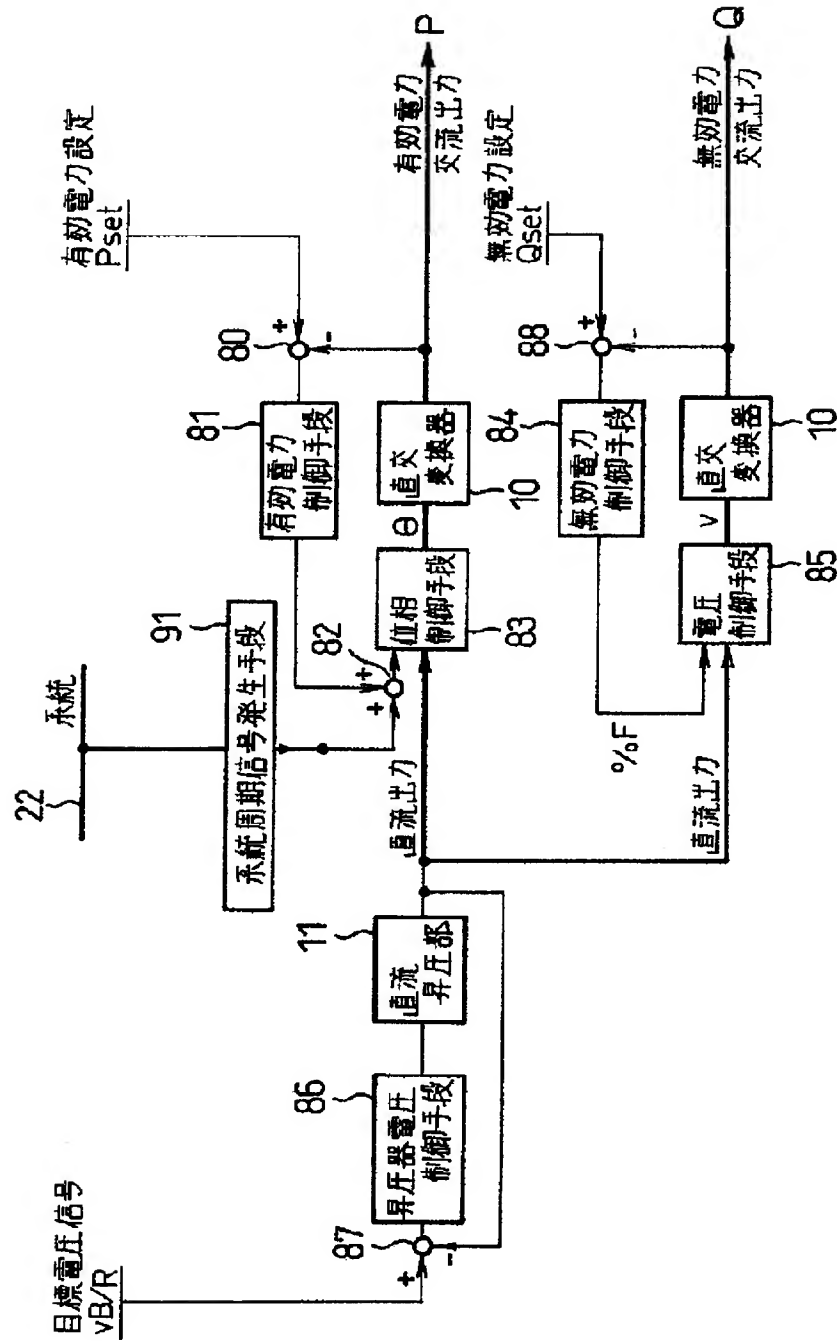
【図17】



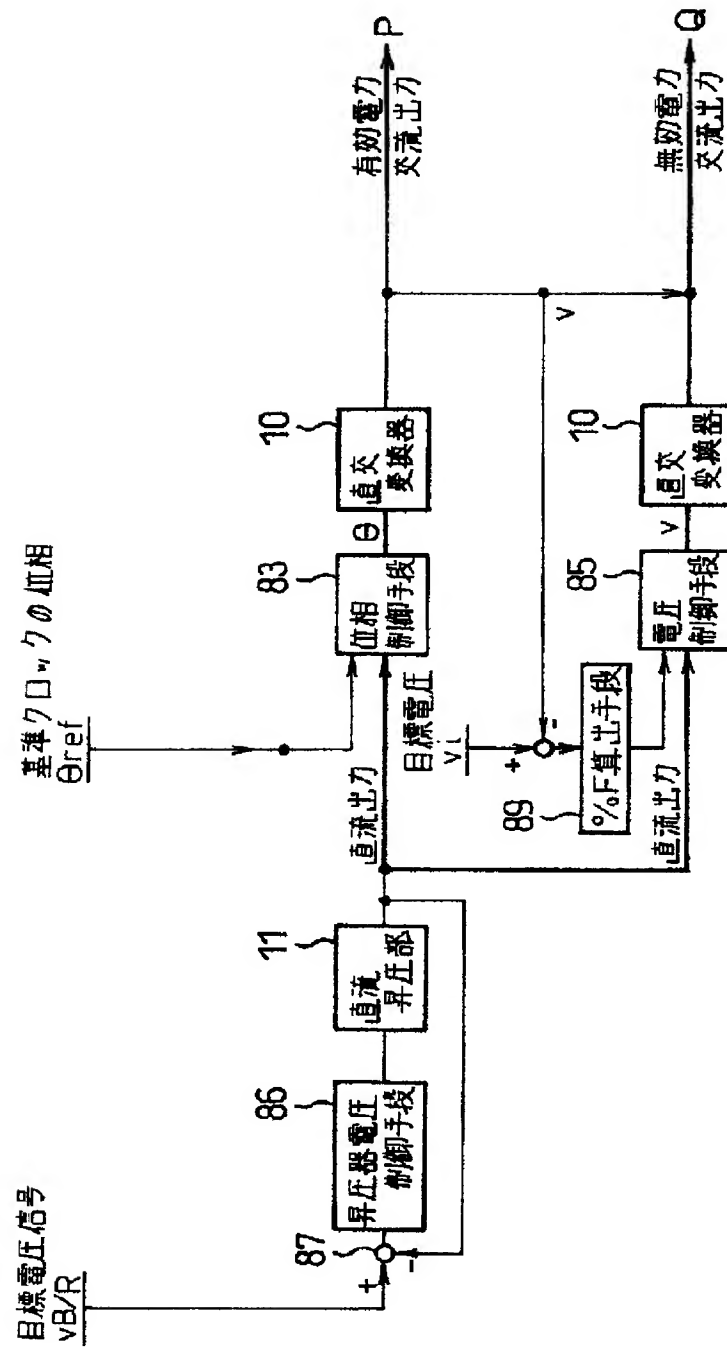
【図18】



【図19】



【図 21】



フロントページの続き

(72) 発明者 森 高裕
東京都府中市東芝町 1 番地 株式会社東芝
府中工場内

(72) 発明者 佐藤 徳寿
東京都府中市東芝町 1 番地 株式会社東芝
府中工場内

(72) 発明者 松室 春生
東京都府中市東芝町 1 番地 株式会社東芝
府中工場内